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 (2020)

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

Бас редакторы – главный редактор
Кислов А. П.
к.т.н., доцент
Заместитель главного редактора Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*
Ответственный секретарь Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

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., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н.,, доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

МАЗМҰНЫ

Абдуллина Г. Г., Мустафин Ә. Х., Ибрагимова Г. Е., Ахмедьянова Г. К., Айгожина Д. Г.
Х–001 тоңазытқышын амин регенерациясы секциясында жаңғырту 14
Алимгазин А. Ш., Султангузин И. А., Яворовский Ю. В., Ахметова И. Г., Бергузинов А. Н.
Қазақстан Республикасының өнеркәсіптік кәсіпорындарының энергетикалық тиімділігін арттыру үшін абсорбциялық жылу трансформаторларын қолдану перспективалары 21
Ахметбекова А. М., Ерқоңыр Ә. К.
Жезқазған қаласындағы құю механикалық зауытындағы ауалық ортаны сауықтыру....34
Бекахметов А. М., Мустафин А. Х., Жанахудтинов Б. Г., Қабылқайыр Д. Н., Смагулов Н. Н.
Тербелістерді төмендету әдісімен сорғы агрегаттарының қызмет ету мерзімін ұлғайту....45
Беккожина Б. К., Демьяненко А. В.
Энергияны көп жұмсайтын кәсіпорынның электр энергиясын тұтынуын болжау үшін классикалық әдістерді қолдану 56
Бейсенби М. А., Ахметова С. О., Кисикова Н. М., Темирбек А.
«Қарлығаштың құйрығы» апат классында М кірістерімен N шығысы бар объектілердің тұрақсыз режимдерін басқаруды жүргізу 65
Битиманова С. С., Абдилдаева А. А.
Электр энергетикалық жүйелерді оңтайлы басқару алгоритмі 78
Глазырина Н. С., Сатыбалдина Д. Ж., Жакупов А. Е.
Мүмкіндігі шектеулі адамдарға арналған «Eye helper» көмекше құрылғысын жасап шығару 92
Дәуітбаева А. О., Тулегенова Е. Н., Айтимов М. Ж., Бимұратқызы Ж.
Электрондық коммерция жүйесінің тиімділігін зерттеу....101
Диханбаев Б. И., Диханбаев А. Б.
Екібастұз көмірін қалдықсыз жағу және қалдық газдарда көмірқышқыл газын пайдалану мәселесі туралы....107
Дробинский А. В., Саринова А. Ж., Уразалимова Д. С.
Электролиз өндірісінің түзеткіш трансформатор қондырғысы мен айнымалы ток өткізгіштің қорғаныс құрылғысы 121

Есбосынов Қ. Т., Кабикенов С. Ж.,
Сембаев Н. С., Жакупов А. М.
Автомобильдік дизельді қозғалтқыштардың
құрылымдық элементтерін ресурс қажеттілігін
болжаудың теориялық негіздері 132
Жапаров Е. О., Абдикулова З. Қ.
Кентау трансформатор зауыты қосалқы станциясының
тарату құрылғысын реконструкциялау 146
Жетенбаев Н. Т., Балбаев Г. К.
Төменгі аяқ экзоскелеттерінің соңғы дамуы мен мәселелері 156
Исабеков Д. Д., Талипов О. М., Мусагажинов М. Ж.
Геркондағы максималды ток қорғау 169
Исабеков Ж. Б., Жантілесова А. Б.,
Жармакин Б., Исабекова Б. Б.
FPGA бойынша өнімдерді жобалау 178
Кислов А. П., Уразалимова Д. С., Бегежан Г. Н.
Технологиялық процестерді басқарудың
автоматтандырылған жүйесі 185
Калиева К. Ж., Калиев Ж. Ж., Асқанбай Г. Т.
Максималды қуат нүктесін бақылау контроллерін қолдана отырып,
фотоэлектрлік станцияның тиімділігін арттыру 194
Келаманов Б. С., Әбдірашит А. М.,
Карменова Г. М., Идельбаев А. Ж.
Марганец пен хром негізіндегі қорытпаларды
балқыту үрдісін термодинамикалық модельдеу 206
Калиаскаров Н. Б., Ивель В. П., Герасимова Ю. В.,
Петров П. А., Югай В. В.
Wi-Fi технологиясын қолданып температура мен
ылғалдылық мәндерін өлшеу және жіберу 215
Мирзакулова Ш. А., Жаналинова А.,
Серіков Т. Г., Анарбаев А. Е.
Уақытша қатардың ығысуын статистикалық зерттеу 227
Майлыбаев Е. К., Исайкин Д. И.,
Шиныкулова А. Б., Косяков И. О.
Теміржол станциясының технологиялық процесін
баламалық модель негізінде модельдеуге арналған
бағдарламалық жасақтамаларға шолу және талдау 237
Меирбекова О. Д.
Кентау трансформатор зауытының жинау цехын
заманауи жылыту қондырғыларымен жаңғырту 249
Мехтиев А. Д., Югай В. В., Алькина А. Д., Калиаскаров Н. Б.
Қашықтағы тұтынушылар үшін энергия көзі ретінде төменгі
температуралы сыртқы жылу беретін қозғалтқышты пайдалану.....263

Моисеева С. П.
Гиперспектралық аэростаныстық кесіпкерлерге
сыққыш алгоритмдерін дайындау өндірісі
жоғалыстар мен шығындары жоқ 275
Несмеянова Р. М., Криштафович М. Р.,
Масакбаева С. Р., Ковтарева С. Ю.
Мұнай коксын өндіру және өңдеу процесінде
ішкі отын көздерін тиімді пайдалану.....282
Новожилов А. Н., Новожилов Т. А., Рахимбердинова Д. М.,
Колесников Е. Н., Волгина Е. М.
Трансформатордың орамаларында оны желіге
қосу кезіндегі токтарды модельдеудің практикалық аспектілері 293
Оришевская Е. В., Приходько Е. В., Бояндинова А. Б.,
Пешеходова Е. А., Айтмагамбетова Г. А.
Жылу жүйесінің тежеу материалдарын жылу өткізгіштік
коэффициенті арқылы өлшеуді талдау фактор пайдалану.....305
Паюк Л. А., Воронина Н. А., Розаев И. А.,
Умурзакова А. Д., Жумагажинов А. Т.
Дірілдеткіш жетекте тербелмелі-айналмалы
жұмыс режимін қолдану 314
Рындин В. В., Олейник А. А.,
Гасымов Ш. Г., Макушев Ю. П.
Mathcad бағдарламасын Қазақстанның
білім беру жүйесіне енгізу 324
Сайфулин Р. Ф., Брейдо И. В.
Буферлік қуат көздерін қолдана отырып,
жиілікті реттейтін асинхронды электр жетегінің
іске қосу режимдерін талдау 337
Сейтенова Г. Ж., Дюсова Р. М.,
Бурумбаева Г. Р., Умурзакова С. Б.
Павлодар мұнай-химия зауытының риформинг
қондырғысында катализаторды сынау және таңдау 349
Сембин С. Н., Баянов Р. М., Дюсенов К. М.
Кавитация технологиясының тағам өнеркәсібінде
қолдану турасындағы сұрақтар 362
Толымбекова Л. Б., Толымбеков А. М.,
Жунусов А. К., Жунусова А. К.
Жоғары көміртекті феррохромды балқыту
үшін антрацитті қолдануды зерттеу.....368
Чуприна М. А., Тастенов А. Д., Бектасова А. А.
Телекоммуникация жүйелері автоматтандырылған
басқару жүйелеріне арналған көлік құралы ретінде
және ақпарат қауіпсіздігінің мәселелері 377

Шапкенов Б. Қ.,Тюлюгенова Л. Б., Марковский В. П.
Трамвай модельдерінің айнымалы және тұрақты ток
жетектерінің айырмашылықтары 386
Шерьязов С. К., Исенов С. С., Қайдар А. Б.
Smart grid желілерін енгізудің алғышарттары жел энергетикалық
қондырғыларымен ауыл шаруашылығында 393
Шиныкулова А. Б., Умбетов У.,
Косяков И. О., Майлыбаев Е. К.
Кәсіпорындардағы қорлардың оңтайлы деңгейін анықтау 407

Авторлар туралы ақпарат 420

Авторларға арналған ережелер.....451

Жарияланым этикасы.....462

СОДЕРЖАНИЕ

Абдуллина Г. Г., Мустафин А. Х., Ибрагимова Г. Е.,
Ахмедьянова Г. К., Айгожина Д. Г.
Модернизация холодильника Х–001
на секции регенерации амина 14
Алимгазин А. Ш., Султангузин И. А., Яворовский Ю. В.,
Ахметова И. Г., Бергузинов А. Н.
Перспективы применения абсорбционных трансформаторов
теплоты для повышения энергоэффективности
промышленных предприятий Республики Казахстан 21
Ахметбекова А. М., Ерқоныр Ә. К.
Оздоровление воздушной среды
на литейно-механическом заводе г. Жезказган 34
Бекахметов А. М., Мустафин А. Х.,
Жанахудтинов Б. Г., Қабылқайыр Д. Н., Смагулов Н. Н.
Увеличение срока службы насосных агрегатов
методом снижений вибраций.....45
Беккожина Б. К., Демьяненко А. В.
Применение классических методов прогнозирования
потребления электрической энергии
энергоемким предприятием СКО 56
Бейсенби М. А., Ахметова С. О.,
Кисикова Н. М., Темирбек А.
Управление неустойчивими режимами
объектов с M входами и с N выходами
в классе катастроф «Ласточкин хвост» N.....65
Битиманова С. С., Абдилдаева А. А.
Алгоритм оптимального управления
электроэнергетическими системами 78
Глазырина Н. С., Сатыбалдина Д. Ж., Жакупов А. Е.
Разработка устройства «Eye helper» для людей
с ограниченными возможностями 92
Даутбаева А. О., Тулегенова Е. Н.,
Айтимов М. Ж., Бимұратқызы Ж.
Исследование эффективности системы электронной коммерции.....101
Диханбаев Б. И., Диханбаев А. Б.
К вопросу безотходного сжигания Экибастузского угля
и утилизации диоксида углерода в отходящих газах.....107
Дробинский А. В., Саринова А. Ж., Уразалимова Д. С.
Ветроэнергетическая установка роторного
типа с клиновидным обтекателем 121

Есбосынов К. Т., Кабикенов С. Ж.,
Сембаев Н. С., Жакупов А. М.
Теоретические предпосылки прогнозирования
потребностей в ресурсе конструктивных элементов
автомобильных дизельных двигателей 132
Жапаров Е. О., Абдикулова З. К.
Реконструкция распределительного устройства электрической
подстанции Кентауского трансформаторного завода.....146
Жетенбаев Н. Т., Балбаев Г. К.
Последние разработки и проблемы
экзоскелетов нижних конечностей.....156
Исабеков Д. Д., Талипов О. М., Мусагажинов М. Ж.
Максимальная токовая защита на герконах.....169
Исабеков Ж. Б., Жантлесова А. Б.,
Жармакин Б., Исабекова Б. Б.
Проектирование изделий на FPGA.....178
Кислов А. П., Уразалимова Д. С., Бегежан Г. Н.
Автоматизированная система управления
технологическими процессами.....185
Калиева К. Ж., Калиев Ж. Ж., Асқанбай Г. Т.
Повышения эффективности фотоэлектрической
станции с использованием контроллера ОТММ 194
Келаманов Б. С., Абдирашит А. М.,
Карменова Г. М., Идельбаев А. Ж.
Термодинамическое моделирование
процесса выплавки сплавов на основе марганца и хрома 206
Калиаскаров Н. Б., Ивель В. П., Герасимова Ю. В.,
Петров П. А., Югай В. В.
Использование технологии Wi-Fi для сбора и
передачи данных температуры и влажности 215
Мирзакулова Ш. А., Жаналинова А.,
Серіков Т. Г., Анарбаев А. Е.
Статистическое исследование смещения временных рядов.....227
Майлыбаев Е. К., Исайкин Д. И.,
Шиныкулова А. Б., Косяков И. О.
Обзор и анализ программного обеспечения
для моделирования технологического процесса
железнодорожной станции на базе имитационной модели.....237
Меирбекова О. Д.
Модернизация Сборочного цеха Кентауского
трансформаторного завода с современными
отопительными установками 249

Мехтиев А. Д., Югай В. В., Алькина А. Д., Калиаскаров Н. Б.
Использование низкотемпературного двигателя
с внешним подводом теплоты как источника
энергии для удаленных потребителей 263
Моисеева С. П.
Подготовительная обработка алгоритмов
сжатия гиперспектральных аэрокосмических изображений
с учетом междиапазонной корреляции с потерями и без потерь 275
Несмеянова Р. М., Криштафович М. Р.,
Масакбаева С. Р., Ковтарева С. Ю.
Эффективное использование внутренних
топливных источников в процессе производства
и переработки нефтяного кокса 282
Новожилов А. Н., Новожилов Т. А.,
Рахимбердинова Д. М., Колесников Е. Н., Волгина Е. М.
Практические аспекты моделирования токов
в обмотках трансформатора при включении его в сеть 293
Оришевская Е. В., Приходько Е. В., Бояндинова А. Б.,
Пешеходова Е. А., Айтмагамбетова Г. А.
Анализ изменения коэффициента теплопроводности
изоляционных материалов тепловых сетей
в зависимости от факторов эксплуатации.....305
Паюк Л. А., Воронина Н. А., Розаев И. А.,
Умурзакова А. Д., Жумагажинов А. Т.
Применение колебательно-вращательного
режима работы в виброприводе.....314
Рындин В. В., Олейник А. А.,
Гасымов Ш. Г., Макушев Ю. П.
Внедрение программы Mathcad
в систему образования Казахстана.....324
Сайфулин Р. Ф., Брейдо И. В.
Анализ пусковых режимов работы частотно-
регулируемого асинхронного электропривода
с использованием буферных источников электропитания.....337
Сейтенова Г. Ж., Дюсова Р. М.,
Бурумбаева Г. Р., Умурзакова С. Б.
Тестирование и выбор катализатора на установке риформинга
Павлодарского нефтехимического завода 349
Сембин С. Н., Баянов Р. М., Дюсенов К. М.
Некоторые вопросы по использованию
технологии кавитации в пищевой промышленности 362
Толымбекова Л. Б., Толымбеков А. М.,
Жунусов А. К., Жунусова А. К.
Исследование применения антрацита для выплавки
высокоуглеродистого феррохрома.....368

Чуприна М. А., Тастенов А. Д., Бектасова А. А.
Телекоммуникационные системы как транспортная среда автоматизированных систем управления и проблемы информационной безопасности 377
Шапкенов Б. К., Тюлюгенова Л. Б., Марковский В. П.
Отличия приводов постоянного и переменного тока различных моделей трамваев 386
Шерьязов С. К., Исенов С. С., Кайдар А. Б.
Предпосылки внедрения Smart grid сетей с ветроэнергетическими установками в сельском хозяйстве.....393
Шиныкулова А. Б., Умбетов У., Косяков И. О., Майлыбаев Е. К.
Определение оптимального уровня запасов на предприятиях 407

Сведения о авторах.....420

Правила для авторов 451

Публикационная этика 462

CONTENT

Abdullina G. G., Mustafin A. H., Ibragimova G. E., Ahmedyanova G. K., Aigozhina D. G.
Modernization of refrigerator X–001 on amine regeneration sections.....14
Alimgazin A. Sh., Sultanguzin I. A., Yavorovsky Yu. V., Akhmetova I. G., Berguzinov A. N.
Prospects for the use of heat absorption transformers to improve the energy efficiency of industrial enterprises of the Republic of Kazakhstan.....21
Ahmetbekova A. M., Yerkongyr A. K.
Improvement of the air environment at the foundry and mechanical plant in Zhezkazgan 34
Bekakhmetov A. M., Mustafin A. H., Zhanakhutdinov B. G., Kabylkaiyr D. N., Smagulov N. N.
Increasing the service life of pumping units by reducing vibrations.....45
Bekkozhina B., Demyanenko A.
Application of classical methods for forecasting the consumption of electric energy in an energy intensive enterprise north kazakhstan region 56
Beisenbi M. A., Akmetova S. O., Kisikova N. M., Temirbek A.
Control of unstable modes of objects with M inputs and with N outputs in the dovetail catastrophe class.....65
Bitimanova S. S., Abdildaeva A. A.
Algorithm for optimal control of electric power systems 78
Glazyrina N. S., Satybaldina D. Zh., Zhakupov A. E.
Development of the «Eye helper» device for disabled people 92
Dauitbayeva A. O., Tulegenova E. N., Aitimov M. Zh., Bimuratkyz Zh.
Study of the efficiency of the e-commerce system.....101
Dikhanbaev B. I., Dikhanbaev A. B.
On the issue of waste-free combustion of Ekibastuz coal and utilization of carbon dioxide in waste gases 107
A. V. Drobinskiy, A. Zh. Sarinova, D. S. Urazalimova
Wind power plant of rotary wedge shield type 121
Yesbossynov K. T., Kabikenov S. J., Sembayev N. S., Zhakupov A. M.
Theoretical background of forecasting the requirements in the resource of constructive elements of automotive diesel engines 132
Zhaparov E. O., Abdikulova Z. K.
Reconstruction of the distribution device of the electric substation of the кentau transformer plant 146
Zhetenbaev N. T., Balbaev G. K.
Recent developments and problems of lower limb exoskeletons.....156

Issabekov D. D., Talipov O. M., Musagazhinov M. Zh.
Maximum current protection on reed switches 169
Issabekov Zh. B., Zhantlessova A. B.,
Zharmakin B., Issabekova B. B.
Designing products on fpga 178
Kislov A. P., Urazalimova D. S., Begezhan G. N.
Automated control system of technological processes 185
Kaliyeva K. Zh., Kaliyev Zh. Zh., Askanbai G. T.
Increase the efficiency of a photovoltaic station
using a maximum power point tracking controller 194
Kelamanov B. S., Abdrashit A. M.,
Karmenova G. M., Idelbayev A. Zh.
Thermodynamic modeling of the process of smelting
alloys based on manganese and chromium 206
Kaliaskarov N. B., Ivel V. P., Gerasimova Yu. V.,
Petrov P. A., Yugay V. V.
Use of wi-fi technology for collection and transfer
of temperature and humidity data 215
Mirzakulova Sh. A., Zhanalinova A.,
Serikov T. G., Anarbayev A. E.
Statistical study of time series bias 227
Mailybayev Y., Isaikin D., Shinykulova A., Kosyakov I.
Review and analysis of software for modeling the technological
process of a railway station based on simulation model 237
Meirbekova O. D.
Modernization of Assembly shop of Kentau transformer
plant with modern heating installations 249
Mehtiev A. D., Yugay V. V., Alkina A. D., Kaliaskarov N. B.
Use of a low temperature engine with external heat
supply as a source of energy for remote consumers 263
Moiseeva S. P.
Preparatory processing of compression algorithms
for hyperspectral aerospace images taking into account
interband correlation with losses and without losses 275
Nesmeyanova R. M., Krishtafovich M. R.,
Massakbayeva S. R., x Kovtareva S. R.
Efficient use of internal fuel sources in the production
and processing of petroleum coke 282
Novozhilov A. N., Novozhilov T. A., Rakhimberdinova D. M.,
Kolesnikov E. N., Volgina E. M.
Practical aspects of modeling currents in windings
of a transformer when connecting it to the network 293

Orishevskaya E. V., Prikhodko E. V., Boyandinova A. B.,
Peshekhodova E. A., Aytmagambetova G. A.
Analysis of heat networks insulation's thermal
conductivity coefficient changes depending on operating factors 305
Payuk L. A., Voronina N. A., Rozayev I. A.,
Umurzakova A. D., Zhumagazhinov A. T.
The application of vibrational-rotational
operation mode in vibratory drive 314
Ryndin V. V., Oleynik A. A., Gasymov Sh. G., Makushev Yu. P.
The introduction of mathcad in Kazakhstan's education system 324
Saifulin R. F., Breido I. V.
Analysis of starting modes in frequency controlled
asynchronous electric drive using buffer power supplies 337
Seytenova G. Zh., Dyussova R. M.,
Burumbayeva G. R., Umurzakova S. B.
Testing and selection of the catalyst
at the Pavlodar petrochemical plant's reforming unit 349
Sembin S. N., Bayanov R. M., Dyussenov K. M.
Some questions about using technology
of cavitation in food production 362
Tolymbekova L. B., Tolymbekov A. M.,
Zhunusov A. K., Zhunusova A. K.
Research application of anthracite
for melting high-carbon ferrochrome 368
Chuprina M. A., Tastenov A. D., Bektasova A. A.
Telecommunication systems as a transport environment
of automated control systemsand problems of information security 377
Shapkenov B. K., Tyulyugenova L. B., Markovsky V. P.
Differences of ac and dc drives
of various tramcars models 386
Sheryazov S. K., Issenov S. S., Kaidar A. B.
Prerequisites for implementing smart grid networks
with wind power plants in agriculture 393
Shinykulova A. B., Umbetov U.,
Kosyakov I. O., Mailybayev Y. K.
Determination of the optimal level of stocks at enterprises 407

Information about the authors 420

Rules for authors 451

Publication ethics 462

МРНТИ 61.51.17

https://doi.org/10.48081/AMKG4114

Г. Г. Абдуллина, А. Х. Мустафин, Г. Е. Ибрагимова, Г. К. Ахмедьянова, Д. Г. Айгожина
Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

МОДЕРНИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНИКА Х–001 НА СЕКЦИИ РЕГЕНЕРАЦИИ АМИНА

В данной статье рассматривается вопрос экономической эффективности модернизации теплообменного оборудования за счет замены трубного пучка на холодильнике Х–001. Причиной износа является низкое сопротивление металлов трубного пучка на коррозию. Приведены методы оценки экономической эффективности, сделан расчет экономического эффекта и периода окупаемости для теплообменного аппарата.

Ключевые слова: теплообменник, трубной пучок, коррозия, модернизация, технико-экономические показатели, капитальные вложения.

Введение

Сегодня многие НПЗ являются крупнейшими производителями серы. Это связано с вовлечением тяжелой нефти в переработку и, во многих случаях, ужесточением экологических требований по ограничению содержания серы в нефтепродуктах и выбросов серосодержащих газов. Сера является одним из важнейших продуктов химической и металлургической промышленности, поэтому сфера применения серы очень широка. Стабильность производственных показателей, надежность работы оборудования – это главная задача многих нефтеперерабатывающих предприятий.

Основным типом теплообменного оборудования, применяемого в данном технологическом процессе, являются кожухотрубчатые теплообменники. Так как полная замена устаревшего оборудования требует значительных финансовых вложений, то становится актуальным вопрос модернизации имеющегося оборудования. В случае кожухотрубчатых теплообменников возможна модернизация за счет замены трубного пучка [1, 3]. Интенсивность проведения мероприятий по обновлению основных фондов ограничена финансовыми возможностями предприятий всех видов собственности.

Целью данной работы является замена трубного пучка холодильника секций регенераций амина Х–001 из марки стали 16Mn на нержавеющую сталь марки AISI 316.

Теплообменник – техническое устройство, в котором осуществляется теплообмен между двумя средами, имеющими различные температуры.

Кожухотрубчатый теплообменник с павающей головкой (рисунок 1) состоит из распределительной камеры, оснащенный патрубками, целиндрического кожуха, кожуха с патрубками, трубных решеток и пучка труб, днище. Такая конструкция имет большую площадь теплообмена между продуктами, и малые габаритные размеры. Конструционное отличие его от других теплообменików в том, что задняя трубная решетка закрыта плавающей головкой и не прекреплена к корпусу. Таким образом корпус аппарата и пучок закреплены только с одной стороной. При температурных изменениях они деформируются. Например: кожух при охлаждений сжимается, а трубной пучок при нагреваний расширяется и увеличивается в длине. Так элементы аппарата свободно деформируясь, не испытывают напряжение. Теплообменники такой конструкций получили наибольшее распространение на НПЗ. Холодильник секций регенераций амина Х–001 относится к этому виду теплообменников [2, 4].

В наше время поломка нефтегазового оборудования случается очень часто, предотвратить которую, является сложной задачей. Обычно большинство сбоев и повреждений в трубах теплообменников, используемых на промышленных предприятиях, происходит на первом 150 мм участке трубного пучка. Разрушение проявляется как в утончении трубы, образований канавок, точечной коррозий, так и в образований трещин, что в конечном итоге, может привести к утечке и сбою в работе трубного пучка теплообменного оборудования. В прошлом, эту весьма локализованную проблему было принято решать путем полной замены труб, даже, несмотря на то, что более 95 % длины трубного пучка оставалось неповрежденными. В некоторых случаях пучок могли спасти, укоротив теплообменник, при условии сокращения теплопередающей поверхности. Однако любое из этих радикальных решений является дорогостоящим и требующим слишком много времени [5].

Материалы и методы. Холодильник Х-001, эксплуатированный на ПНХЗ с 2017 года, в течений трех лет выходил из строя четыре раза. Последняя неисправность холодильника случилось в ноябре 2019 года, причиной которой, было коррозионное воздействие на трубные пучки холодильника, что привело к остановке работы холодильника для дальнейших ремонтных работ. Данный холодильник состоит из 1418 трубных пучков, 237 трубных пучки забиты цилиндрическими заглушками, за счет этого производительность холодильника уменьшилось на 16,7 %. Этот факт еще раз показывает, что

холодильнику требуется модернизация частей для повышения сопротивлений к коррозию. Секция регенерации амина (С–850) предназначена для регенерации насыщенного амина (МДЭА), поступающего от технологических установок завода, после чего регенерированный амин возвращается обратно на установки гидроочистки, а отпаренные сероводородсодержащие газы служат сырьем для получения серы на секции производства серы и очистки хвостовых газов (А–710). Секция состоит из двух идентичных блоков регенерации амина. Холодильник секций регенераций амина Х–001 показан на рисунке 1, конструкция этого оборудования представляет собой теплообменник с плавающей головкой [6, 7].

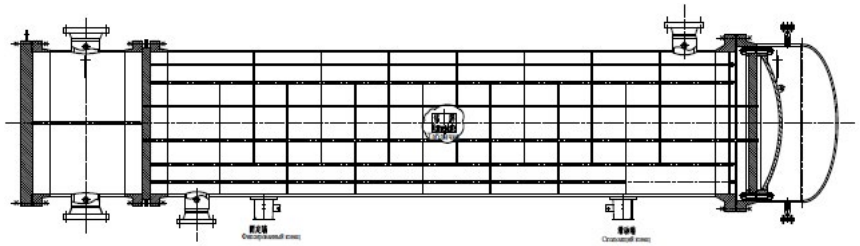


Рисунок 1 – Теплообменник с плавающей головкой

Для решения этой проблемы необходимо заменить изготовленный металл данного трубного пучка на более коррозионностойкий металл. Холодильник регенерированного амина Х – 001 изготовлен из марки стали 16Mn, в качестве нового трубного пучка нужно использовать нержавеющую сталь марки AISI 316. За счет этого повышается производительность холодильника и эффективность при эксплуатаций. Одной из главных особенностей этой нержавеющей стали является содержание в составе хрома, молибдена и соединений титана в большом количестве, сопротивление окислению и коррозии очень высока. По назначению является конструкционным, химическому составу многолегированной. Область применения является широким, устойчивым к температурным изменениям, устойчивым к конструктивным деформациям, выдерживающим до 460 °С.

При модернизаций холодильника Х–001 нужно действовать по правилам нормотивно-технических документаций данного холодильника, т.е. обеспечить выполнение работы в установленном порядке и организовать ряд мероприятий предназначенных для повышения безопасности выполняемых работ.

Требования повышения надежности оборудования противоречат требованиям достижения максимальной экономической эффективности. Повышение надежности достигается за счет увеличения расходов на

изготовление машин, оснащения их современными системами мониторинга и диагностики технического состояния. Одновременно с повышением затрат на машиностроение и в целях повышения его надежности снизятся затраты на содержание и ремонт машины в течение всего срока службы. Общие эксплуатационные расходы имеют относительно минимальное значение, соответствующее оптимальной надежности, снижению эксплуатационных затрат и потерь от аварий [8, 9].

Результаты и обсуждение. Осуществление полной или частичной модернизации промышленного оборудования позволит эффективно, с небольшими затратами:

– повысить производительность оборудования;

– сократить количество обслуживающего персонала;

– получать полную статистику по работе оборудования (время работы и простоя, количество произведенной продукции и др.) [1].

В соответствии с общепринятой практикой инвестиционная деятельность осуществляется в проектной форме. Инвестиционный проект представляет собой план создания или модернизация производства с целью получения экономической выгоды.

Экономическое обоснование инвестиционного проекта включает в себя экономическую и финансовую оценку, характеризующие возможность сохранения и прироста капитала, а также получения прибыли участниками проекта.

Объектом исследования является кожухотрубчатый холодильник с плавающей головкой Х–001 находящися на установке Производство серы и общезаводское хозяйство [5, 10].

Выводы

Как показывает практика, надежность оборудования зависит не только от качества его изготовления, но и от своевременности технической диагностики и выявления дефектов, полноты и качества проведенных ремонтов.

В данной статье предусмотрено ряд работ, разработанных для достижения цели:

1 Предусмотрены работы по переводу трубного пучка регенерированного аминового холодильника (Х–001) из стали марки 16 Mn в сталь марки AISI 316. Было продемонстрировано преимущество стали марки AISI 316.

2 Описана последовательность работ в ходе модернизации по техническому регламенту. Рассмотрены меры технической предосторожности.

3 Предусмотрены экономически эффективные пути по полной замене регенерированного аминового холодильника (Х–001) и замене только трубного пучка.

4 Показаны последствия в случае непредвиденных обстоятельств

модернизаций холодильника Х–001. При работе с существующими показателями производительности и в будущем, в течение 7 лет можем работать с показателем производительности – 35 % и 45 % в целом.

Список использованных источников

1 **Богданов, Е. А.** Основы технической диагностики нефтегазового оборудования – М. : Высшая школа, 2006. – 146 с.

2 **Антонова, Е. О.** Основы нефтегазового дела [Текст] : учебник для вузов / Е. О. Антонова, Г. В. Крылов, А. Д. Прохоров, О. А. Степанов. – М. : Недра-бизнесцентр, 2003. – 307 с.

3 **Ведерников, М. И.** Обслуживание теплообменики – М. : Химия 1975. – 145с.

4 **Коршак, А. А.** Справочник механиков химических и нефтехимических производств [Текст] / А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. – Уфа : Дизайн Полиграф Сервис, 2002. – 544 с.

5 **Гулишамбаров, С. И.** Законы касающейся добычи хранения, переработки и транспортировки нефти [Текст] / С. И**.** Гулишамбаров. – М. : Книга по Требованию, 2012. – 255 с.

6 **Гурвич, Л. Г.** Научные основы переработки нефти [Текст] / Л. Г. Гурвич. – М. : Книга по Требованию, 2012. – 542 с.

7 Колибаба, О. Б. Основы проектирования и эксплуатации теплообменников [Текст] / О. Б. Колибаба, В. Ф. Никишов, М. Ю. Ометова. – М. : Лань, 2013. – 208 с.

8 **Медведева, М. Л.** Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа [Текст] / М. Л. Медведева. – М. : Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2005. – 312 с.

9 **Ахметов, С. А.** Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа. – М. : Недра, 2006. – 254 с.

10 **Сериков, Т. П.** Инновационные подходы в развитии нефтегазовой и нефтехимической промышленности. – М. : АИНиГ, 2005. – 504 с.

References

1 **Bogdanov E. A.** Osnovy` texnicheskoj diagnostiki neftegazovogo oborudovaniya [Bogdanov E. A. Fundamentals of technical diagnostics of oil and gas equipment]. – M. : Vy`sshaya shkola, 2006. – 146 p.

2 **Antonova E. O.** Osnovy` neftegazovogo dela [Text] : uchebnik dlya vuzov / E. O. Antonova, G. V. Kry`lov, A. D. Proxorov, O. A. Stepanov. [Bogdanov, E. A. Fundamentals of technical diagnostics of oil and gas equipment]. – M. : Nedra-biznescentr, 2003. – 307 p.

3 **Vedernikov M. I.** Obsluzhivanie teploobmenikov. [Vedernikov M. I. Service of heat exchangers]. – M. : Ximiya 1975. – 145 p.

4 **Korshak A. A.** Spravochnik mexanikov ximicheskix i nefteximicheskix proizvodstv [Text] / A. A. Korshak, A. M. Shammazov. [Korshak, A. A. Handbook of mechanics of chemical and petrochemical industries [Text] / A. A. Korshak, a.m. Shammazov]. – Ufa. : Dizajn Poligraf Servis, 2002. – 544 p.

5 **Gulishambarov S. I.** Zakony` kasayushhejsya doby`chi xraneniya, pererabotki i transportirovki nefti [Text] / S. I. Gulishambarov. [Gulishambarov, S. I. Laws concerning the production, storage, processing and transportation of oil [Text] / S. I. Gulishambarov]. – M. : Kniga po Trebovaniyu, 2012. – 255 p.

6 **Gurvich, L. G.** Nauchny`e osnovy` pererabotki nefti [Text] / L. G. Gurvich. [Gurvich, L. G. Scientific bases of oil refining [Text] / L. G. Gurvich]. – M. : Kniga po Trebovaniyu, 2012. – 542 p.

7 **Kolibaba O. B**. Osnovy` proektirovaniya i e`kspluatacii teploobmennikov [Text] / O. B. Kolibaba, V. F. Nikishov, M. Yu. Ometova. [Kolibaba, O. B. Fundamentals of design and operation of heat exchangers [Text] / O. B. Kolibaba, V. F. Nikishov, M. Yu. Ometova]. – M. : Lan`, 2013. – 208 p.

8 **Medvedeva M. L.** Korroziya i zashhita oborudovaniya pri pererabotke nefti i gaza [Text] / M. L. Medvedeva. [Medvedeva, M. L. Corrosion and protection of equipment in oil and gas processing [Text] / M. L. Medvedeva]. – M. : Neft` i gaz RGU nefti i gaza im. I. M. Gubkina, 2005. – 312 p.

9 **Axmetov S. A.** Texnologiya i oborudovanie processov pererabotki nefti i gaza [Akhmetov S. A. Technology and equipment for oil and gas processing]. – M. : Nedra, 2006. – 254 p.

10 **Serikov T. P.** Innovacionny`e podxody` v razvitii neftegazovoj i nefteximicheskoj promy`shlennosti [Serikov T. P. Innovative approaches in the development of the oil and gas and petrochemical industries]. – M. : AINiG, 2005. – 504 p.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

*Г. Г. Абдуллина***,** *Ә. Х. Мустафин, Г. Е. Ибрагимова,*
Г. К. Ахмедьянова, Д. Г. Айгожина

Х–001 тоңазытқышын амин регенерациясы секциясында жаңғырту

Торайғыров университеті,
Павлодар қ., Қазақстан Республикасы.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

G. G. Abdullina, A. H. Mustafin, G. E. Ibragimova,
G. K. Ahmedyanova, D. G. Aigozhina

Modernization of refrigerator X–001 on amine regeneration sections

Toraighyrov University,
Pavlodar, Republic of Kazakhstan.
Material received on 11.12.20.

Бұл мақалада X–001 тоңазытқышындағы түтік шоғырын ауыстыру арқылы жылу алмасу жабдықтарын жаңартудың экономикалық тиімділігі туралы мәселе қарастырылады. Тозу түтік шоғыры металдарының коррозияға төзімділігінің төмен болуынан болады. Экономикалық тиімділікті бағалау әдістері келтіріліп, экономикалық тиімділік пен жылуалмастырғыштың өзін-өзі ақтау мерзімі есептеледі.

Кілтті сөздер: жылу алмастырғыш, түтік байламы, коррозия, модернизация, техникалық-экономикалық көрсеткіштер, күрделі салымдар.

This article discusses the issue of economic efficiency of the modernization of heat exchange equipment by replacing the tube bundle on the X–001 refrigerator. The wear is caused by the low corrosion resistance of the tube bundle metals. Methods for assessing economic efficiency are given, the economic effect and payback period for the heat exchanger are calculated.

Keywords: heat exchanger, tube bundle, corrosion, modernization, technical and economic indicators, capital investment.

МРНТИ 44.31.35; 44.31.41

https://doi.org/10.48081/IWVU4323

А. Ш. Алимгазин[1], И. А. Султангузин[2], Ю. В. Яворовский[2], И. Г. Ахметова[3], А. Н. Бергузинов[4]
[1]Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;
[2]Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
г. Москва, 101000, Российская Федерация;
[3]Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, 420000, Российская Федерация;
[4]Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В статье рассматриваются вопросы, связанные с применением абсорбционных холодильных технологий, которые очень широко распространены в энергетике, различных отраслях промышленности, системах комфортного кондиционирования зданий различного назначения и т.п. ведущих стран мира. АБХМ утилизируют сбросную теплоту для производства холода (как правило, для производства охлажденной воды с температурой до +5 °С). АБТН являются высокоэффективным энергосберегающим оборудованием для теплоснабжения и горячего водоснабжения различных объектов и предназначены для производства теплоты более высокого температурного уровня (горячая вода или пар) до 50–90 °С из энергии низкого потенциала за счёт энергии высокого потенциала (перенос тепловой энергии).

Ключевые слова: энергоэффективность, абсорбционные трансформаторы теплоты, абсорбционные бромистолитиевые тепловые насосы, абсорбционные холодильные машины.

Введение

В настоящее время абсорбционные трансформаторы теплоты (АТТ) очень известны во всем мире, широко распространены в энергетике, различных отраслях промышленности, системах комфортного кондиционирования зданий различного назначения и т.п. [1–5].

Они позволяют утилизировать низкопотенциальные тепловые ресурсы 2 способами: посредством абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин (АБХМ) или абсорбционных бромистолитиевых тепловых насосов (АБТН).

Важнейшее преимущество АБХМ и АБТН – возможность их использования в качестве теплоутилизаторов.

АБХМ – активно применяемые инструменты энергосбережения в развитых странах. Министерство энергетики США, Директорат по энергетики Еврокомиссии (для всей Еврозоны) на протяжении десяти лет ведут активную пропаганду такого оборудования.

Лидерами в применении АБХМ и АБТН являются азиатские страны с дорогими энергоресурсами.

АБХМ становятся все более популярными и в странах СНГ (России, Белоруссии), поскольку обеспечивают [1, 2]:

– снижение удельного потребления топлива по электрической и тепловой компонентам;

– снижение эксплуатационных затрат;

– увеличение надежности и эффективности электрогенерации;

– улучшение условий эксплуатации энергетического оборудования;

– улучшение экологических характеристик (снижение потребления топлива, снижение выбросов в атмосферу, снижение потребления природ-ной воды).

Сегодня АБХМ активно используют в различных отраслях промышленности, кондиционировании жилых и общественных помещений.

Как показывает мировой опыт [1–5, 10, 12], одним из перспективных путей повышения энергоэффективности объектов генерации (ТЭЦ, ТЭС, ГРЭС) является широкое применение абсорбционных холодильных машин и тепловых насосов.

Материалы и методы

Применение АБХМ в энергетике дает возможность вырабатывать холод из тепловой энергии (пар, горячая вода, отходящие/дымовые газы) и использовать его для повышения эффективности работы энергетических установок, для собственных нужд ТЭС или для продажи внешним потребителям.

Применение АБХМ в энергетике рационально, поскольку производство электрической энергии сопровождается выделением тепловой энергии, которую могут утилизировать системы теплоснабжения. Однако в межотопительный период огромное количество тепловой энергии сбрасывается в атмосферу. Это не экономично и не экологично.

Применением АБХМ в энергетике предлагается из тепловой энергии (пар, горячая вода, отходящие/дымовые газы) вырабатывать холод и использовать его для повышения эффективности работы энергетических установок (для

собственных нужд ТЭС) или продавать холод внешним потребителям, расположенным не далее 2–3 км от ТЭС (торговые комплексы, бизнес-центры, гостиницы, спортивные сооружения, то есть в любые здания, где применяют кондиционирование воздуха.

Охлаждения требуют многие системы ТЭС: трансформаторные блоки, масляные системы, конденсаторы паровых турбин и пр.

Очень перспективным является применение на промышленных предприятиях: АБХМ применяют в системах комфортного и технологического кондиционирования промышленных предприятий.

До 80 % АБХМ используют именно в промышленности, поскольку на энергоемких предприятиях всегда есть излишки тепловой энергии, которую необходимо утилизировать: горячая вода, пар, отходящие (дымовые) газы.

АБХМ определяют эффективность технологии в следующих отраслях: нефтехимии и нефтепереработке, металлургии, текстильной, химической промышленностях, на пищевых и других производствах.

Промышленный холод крайне важен для стабильности выхода продукции на нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах.

Снижение температуры оборотного водоснабжения зачастую определяет эффективность переработки нефтепродуктов.

Промышленный холод является неотъемлемой частью многих технологических процессов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, в частности охлаждения сред в процессах каталитического крекинга: охлаждение паров с колонны ректификации, паров жирного газа после компримирования, паров головки стабилизации и пр. технологические решения, в том числе, охлаждение абсорбента при нефтепереработке. Обеспечить стабильный выход продукта позволит только использование искусственного холода. Наиболее эффективно для этих целей применение АБХМ, поскольку АБХМ для работы потребляют не электрическую, а тепловую энергию, часто имеющуюся на предприятии в избытке. В качестве греющего источника для работы АБХМ можно использовать, например, пар с давлением не ниже 1 атм.

Промышленный холод широко применяется в металлургической промышленности и определяет эффективность технологий черной и цветной металлургии: сталелитейного производства, производство чугуна, алюминия, никеля, кобальта и пр. Снижение влажности дутья достигается применением осушительных установок на базе АБХМ.

В металлургии высокие тепловыделения в цехах могут привести не только к нарушению условий труда, но и к разрушению строительных конструкций. Обеспечение кондиционирования жарких цехов рационально строить на базе АБХМ, поскольку на металлургических предприятиях бросовая тепловая энергия имеется в избытке (отходящие газы, горячая вода).

В химической промышленности (производстве удобрений) АБХМ часто используют для осушения воздуха. Высокая влажность гранулированных продуктов затрудняет их отгрузку и транспортировку. Поэтому АБХМ используют для охлаждения воздуха. В процессе охлаждения излишняя влага конденсируется, затем воздух снова нагревается и с низкой влажностью поступает на охлаждение гранулированной продукции.

Известен мировой опыт применения АБТН в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий (КНР, Дания, Швеция,Финляндия и другие страны) [3–5].

Так, например, Китай – страна с самой быстро развивающейся промышленностью и энергетикой, но их развитие сдерживается дефицитом и высокой стоимостью энергетических ресурсов. Стоимость газа в Китае примерно в 5,5 раз выше, чем в России, поэтому при таких условиях вопросы энергосбережения встают особенно остро.

В связи с этим в стране на законодательном уровне запрещена эксплуатация ТЭЦ без применения абсорбционных тепловых насосов [3, 4].

Второе решение для ТЭЦ – утилизация тепловой энергии с помощью АБТН вспомогательного водоохлаждаемого оборудования (подшипники, генератор, питательные насосы и др.) и, в некоторых случаях, паровых конденсаторов.

На китайских ТЭЦ установлено несколько тысяч АБТН производства Shuangliang Eco-Energy. Максимальная единичная мощность АБТН Shuangliang – 98 МВт.

На одной из ТЭЦ Китая работает четыре АБТН Shuangliang, общей суммарной мощностью 400 МВт.

В среднем мощности АБТН на ТЭЦ Китая меньше. В качестве примера можно рассмотреть муниципальную угольную станцию в г. Янгкванг. На ней установлены шесть АБТН мощностью 30 МВт каждая, в общей сложности 180 МВт. Они утилизируют бросовою воду с градирен с параметрами 30/40 °С. В качестве греющего источника применяется пар с избыточным давлением в 5 бар. АБТН дают горячую воду 90/70 °С, которая поступает потребителям.

Таким образом, станция дополнительно зарабатывает около $ 5 млн, не учитывая экономию топлива в 49 300 тонн ежегодно. Окупаемость проекта составила менее 2 лет.

Результаты и обсуждение

В Республике Казахстан исследование возможностей применения АБХМ и АБТН на предприятиях находятся на начальном уровне.

На протяжении ряда лет казахстанскими и российскими учеными (ЗАО «Энергия», г. Новосибирск, НИУ «МЭИ») проводятся совместные исследования по разработке схем и технологий только с применением

парокомпрессионных тепловых насосов (ПКТН) с использованием сбросной теплоты систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий (ТЭЦ, металлургических комбинатов, нефтеперерабатываю-щих заводов и т.д.) для повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования этих предприятий [6–9].

Применение АБХМ в энергетике Республики Казахстан рационально, т.к. производство электрической энергии сопровождается выделением тепловой энергии, которую могут утилизировать системы теплоснабжения.

Охлаждения требуют многие системы ТЭС и ТЭЦ: трансформаторные блоки, масляные системы, конденсаторы паровых турбин и пр.

Однако, критически важной бывает температура воздуха на входе в компрессор газотурбинной установки (ГТУ).

Известно, что при повышении температуры воздуха на всасывании в компрессор ГТУ объем вырабатываемой электрической мощности снижается, а объем потребления газа повышается. Номинальная мощность ГТУ указывается для температуры +15 °С, но при температуре +35 °С мы видим падение мощности на 15–20 %. Более того, снижение мощности может привести к аварийной остановке агрегата и далее, к веерному отключению потребителей

Существуют различные технические схемы охлаждения воздуха, среди которых применение АБХМ считается наиболее перспективным.

В 2016 г. начаты пилотные работы по повышению энергоэффективности работы оборудования на Жанажольской газотурбинной электростанции (ГТЭС) (Актюбинская обл.) путем применения АБХМ на ГТУ № 5, 6, 7.

Внедрена одна АБХМ фирмы «Thermax» (Индия) холодопроизводительностью ~3150 кВт с использованием в качестве энергоисточника выхлопных газов от ГТУ и двух градирен открытого типа.

Общий вид и технические характеристики АБХМ приведены на Рисунке 1 и в Таблице 1.

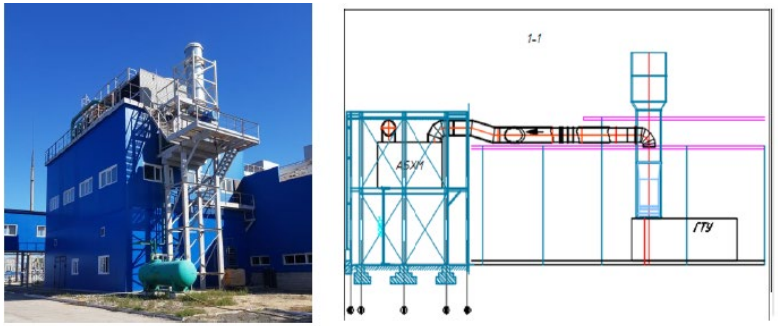


Рисунок 1 – Общий вид и схема соединения АБХМ фирмы «Thermax»

Таблица 1 – Характеристики АБХМ

№ п/п	Наименование характеристики	Величина, характеристика
1	Хладоноситель	Охлажденная вода
2	Рабочее вещество холодильной машины	Водный раствор LiBr
3	Основной источник энергоснабжения – теплоноситель	Выхлопные газы от ГТУ
4	Система отвода некомпенсированной теплоты в окружающую среду	Оборотное водоснабжение с градирнями
5	Установленная холодильная мощность в расчетных летних условиях при температуре хладоносителя на входе в холодильную станцию t_{S1} = 15 °С и на выходе t_{S2} = 8 °С , кВт	~ 3150
6	Общий расход хладоносителя, м³/ч	386,5
7	Общий расход теплоносителя, кг/ч	45 000
8	Температура выхлопных газов на входе ($t_{г1}$)/ выходе ($t_{г2}$), °С	355/192
9	Общая установленная мощность электроприемников, кВт	260
10	Водопотребление на подпитку градирен в расчетных летних условиях (не более), м³/ч	14,1
12	Категория по взрывопожароопасности машинного отделения	В 4
13	Категория надежности электроснабжения	II
14	Наличие вредных выбросов	отсутствуют

Станция спроектирована при параметрах хладоносителя в расчетном летнем режиме:

– холодопроизводительность ~3150 кВт при температурах на входе и выходе холодильной станции ts1/ ts2 15°С/8 °С с возможностью регулирования производительности от 10 до 100 %;

– статическое давление в возвратном коллекторе Ps1 ~0,06 МПа;

– характеристики внешних объектов по магистралям (см.Табл.1).

Хладоносителем является вода, прошедшая водоподготовку, ее циркуляция обеспечивается насосами холодильной станции. Минимальный расход хладоносителя, подаваемого в холодильную машину составляет 50 % от номинального.

Холодильная станция спроектирована на базе одной холодильной машины абсорбционного типа модели 2D 5M C фирмы «Thermax», работающей на растворе LiBr-H_2O (с использованием в качестве энергоисточника выхлопные

газы от ГТУ) и двух градирен открытого типа модели S3E 1222-07P/H фирмы «Baltimore». В циркуляционном контуре градирен в качестве охлаждающей среды применяется вода, прошедшая водоподготовку (ОСМОС).

Проход выхлопных газов через АБХМ осуществляется с помощью дымососа. Номинальный расход выхлопных газов составляет 45 000 кг/ч при расчетной температуре на входе в генератор АБХМ $t_{г1}$ = 355 °С и выходе $t_{г2}$ = 192 °С.

Таблица 3 – Эффективность работы АБХМ за 2020 год

Наименование параметра	Июнь	Июль	Август	Всего
Прирост электроэнергии, кВтч	178 810	400 860	94 862	674 532
Потребление СН АБХМ, кВтч	9 405	29 185	5 017	43 607
Эффективность, кВтч	169 405	371 675	89 845	630 925
Эффективность, тенге	1 516 175	3 326 491	900 247	5 742 913

В Республике Казахстан перспективно активное использование АБХМ в различных отраслях промышленности [8,10–12].

В 2019–2020 годах учеными ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, НИУ «МЭИ», Старт-компании ТОО «БМТУ» проводятся совместно со специалистами из КНР работы по оценке возможностей применения АБХМ на Аксуском заводе ферросплавов – филиале АО «ТНК «Казхром» с использованием альтернативных источников энергии на различных объектах предприятия [8, 12]. Впервые на примере крупного металлургического предприятия страны будут проведены исследования различных схем применения абсорбционных технологий нагрева и охлаждения с утилизацией ВЭР ПЦ № 4 в АБХМ в летний период и с помощью АБТН в зимний период.

Очень перспективным направлением применения АБХМ в Республике Казахстан является тригенерация, т.е внедрение тригене-рационных энергоцентров.

Во всем мире существует множество примеров применения тригенерации в гостиничной сфере, строительстве и модернизации аэропортов, образовательных учреждениях, деловых и административных комплексах, центрах обработки данных, немало примеров и в промышленности – текстильной, металлургической, пищевой, химической, целлюлозно-бумажной, машиностроительной и т.п.

Самый первый проект с концепцией тригенерации был разработан в 1998 году совместными усилиями Министерства Энергетики США, национальной лабораторией ORNL и производителем АБХМ* BROAD и реализован в США в 2001 году.

Тригенерация основана на применении АБХМ, которые в качестве основного источника энергии используют тепло и позволяют вырабатывать холод и тепло в зависимости от потребностей объекта. При этом применение обычных котлов, как в когенерации, в такой схеме не является обязательным условием. Помимо традиционных тепла и электричества тригенерация обеспечивает производство холода в АБХМ (в виде захоложенной воды) для технологических нужд или для кондиционирования помещений.

Процесс производства электричества так или иначе происходит с большими потерями тепловой энергии (например, с выхлопными газами генераторных машин). Вовлечение этого тепла в процесс получения холода, во-первых, минимизирует потери, повышая итоговый КПД цикла, а во-вторых, позволяет снизить потребление электроэнергии объекта по сравнению с традиционными технологиями выработки холода с применением парокомпрессионных холодильных машин.

Первый и самый важный критерий – потребность в холоде. Без холода тригенерация не состоится. Самое распространенное его применение на сегодняшний день – кондиционирование общественных зданий. Это могут быть и бизнес-центры, и административные здания, больничные и гостиничные комплексы, спортивные объекты, торгово-развлекательные центры и аквапарки, музеи и выставочные павильоны, здания аэропортов – словом, все объекты, где одновременно находится множество людей, где для создания комфортного микроклимата требуется система центрального кондиционирования.

Наиболее оправданно применение АБХМ для подобных объектов площадью от 20–30 тыс. м^2 (бизнес-центр средних размеров) и заканчивая гигантскими объектами в несколько сотен тысяч квадратных метров и даже больше (торгово-развлекательные комплексы и аэропорты). Но на таких объектах должен быть спрос не только на холод и электроэнергию, но и на теплоснабжение. Причем теплоснабжение – это не только отопление помещений в зимнее время, но и круглогодичное снабжение объекта горячей водой для нужд ГВС. Чем полнее используются возможности тригенерационного энергоцентра, тем выше его эффективность.

В Казахстане также имеются первые примеры успешного применения АБХМ в гостиничной сфере (5-ти звездочный отель «Royal Tulip Almaty», 2008 г., в системах центрального кондиционирования отеля «Султан Палас» (г. Атырау), 2018 г.), ТЦ «Aray City Mall» (г. Кзыл-орда, 2018 г.), бизнес-центрах и др.

Выводы

1 Внедрение инновационного энергосберегающего оборудования, каким являются АБТН и АБХМ, для большинства предприятий Республики Казахстан может стать реальным способом повышения степени использования

топливно-энергетических ресурсов – как в системах теплоснабжения, так и в теплотехнологических системах, что еще более перспективно и экономически выгодно.

2 В мировой практике до 80 % АБХМ используют именно в промышленности, т.к. на энергоемких предприятиях всегда есть излишки тепловой энергии, которые необходимо утилизировать: горячая вода, пар, отходящие (дымовые) газы. Особое внимание следует уделять крупным отраслям, например, энергетике, нефтехимии, черной и цветной металлургии, где имеется значительное количество избыточного тепла в виде промышленных стоков или оборотных циклов [1–5, 10–12].

3 Модернизация промышленных предприятий с применением АТТ в Республике Казахстан является первостепенной задачей для энергоэффективного и экологичного развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК), металлургии, нефтехимического комплекса, агропромышленных предприятий и т.д.

Список использованных источников

1 **Попов, А. В., Попов, А. Влад., Корольков, А. Г.** Абсорбционные бромистолитиевые водоохлаждающие и нагревательные трансформаторы теплоты//Проблемы энергосбережения. 2003. № 1.

2 **Бараненко, А. В., Тимофеевский, Л. С., Долотов, А. Г., Попов, А. В.** Абсорбционные преобразователи теплоты: Монография. – СПб. : СПбГУНиПТ,2005. – 338 с.

3 **Wei Wu, Baolong Wang, Wenxing Shi, Xianting Li.** Absorption heating technologies: A review and perspective/ Applied Energy 130, 2014, P. 51–71.

4 **Xiaoyun, X., Yi, J.** Absorption heat exchangers for long-distance heat transportation // Energy. 2017. – Vol. 141. – P. 2242–2250.

5 **Dorothee Keppler,** Absorption chillers as a contribution to a climate-friendly refrigeration supply regime: Factors of influence on their further diffusion // Journal of Cleaner Production 172 (2018). – 1535–1544.

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

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

8 **Прищепова, С. А., Султангузин, И. А., Алимгазин, А. Ш.,**

Евсеенко, И. В., Федюхин, А. В., Бартенев, А. И., Яворовский, Ю. В. Использование низкотемпературных ВЭР с применением трансформаторов теплоты в цветной металлургии.// Надежность и безопасность энергетики. – г. Москва. – 2020. – № 2. – С. 97–104.

9 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Zhumagulov, M. G.** Heat pump in a new modular configuration to recover low-grade heat emissions at enterprises//E3S Web of Confe-rences 178, 01003 (2020) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801003 HSTED-2020.

10 **Yavorovsky, Yu. V., Bartenev, A. I., Sultanguzin, I. A., Alimgazin, A. Sh., Prishchepova, S. A., Kalyakin, I. D.** Improving energy and environmental efficiency of combined heat-and power plant based on absorption heat transformers.//E3S Web of Conferences 178, 01010 (2020).

11 **Alimgazin, A. Sh., Prishchepova, S. A., Sultanguzin, I. A., Fedyukhin, A. V., Yavorovsky, Yu. V., Bartenev, A. I.** The use of heat transformers for the low-temperature secondary energy resources recovery in non-ferrous metallurgy enterprises.//E3S Web of Conferences 178, 01017 (2020).

12 **Яворовский, Ю. В., Султангузин, И. А., Алимгазин, А. Ш., Бартенев, А. И., Прищепова, С. А., Трушин, Е. С.** Повышение энергетической и экологической эффективности теплоэлектроцентрали на основе применения абсорбционных трансформаторов теплоты // Вестник МЭИ, 2020. – № 4, С. 89–97.

References

1 **Popov, A. V., Popov, A. Vlad., Korol`kov, A. G.** Absorbcionny`e bromistolitievy`e vodooxlazhdayushhie i nagrevatel`ny`e transformatory` teploty`//Problemy` e`nergosberezheniya. [Popov A.V., Popov A.V., Korolkov A. G. Absorption lithium bromide water-cooling and heating thermal transformers / / problems of energy saving]. – 2003. № 1.

2 **Baranenko, A. V., Timofeevskij, L. S., Dolotov, A. G., Popov, A. V.** Absorbcionny`e preobrazovateli teploty`.

3 **Wei Wu, Baolong Wang, Wenxing Shi, Xianting Li.** Absorption heating technologies : A review and perspective/ Applied Energy 130, 2014, P. 51–71.

4 **Xiaoyun, X., Yi, J.** Absorption heat exchangers for long-distance heat transportation // Energy. 2017. Vol. 141. P. 2242–2250.

5 Dorothee Keppler, Absorption chillers as a contribution to a climate-friendly refrigeration supply regime: Factors of influence on their further diffusion: Journal of Cleaner Production 172 (2018). – 1535–1544.

6 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, (Baxtiyarova) S. G.** Razrabotka texnologij i vnedrenie teplonasosny`x sistem teplosnabzheniya zhily`x, obshhestvenny`x i proizvodstvenny`x zdanij v Respublike Kazaxstan s ispol`zovaniem netradicionny`x i vozobnovlyaemy`x istochnikov e`nergii. [Alimgazin A. Sh., Alimgazina (bakhtiyarova) S. G. Development of technologies and introduction of heat pump systems for heat supply of residential, public and industrial buildings in the Republic of Kazakhstan using non-traditional and renewable energy sources]. – Astana : Art-print publishing house, 2010. – 171 p.

7 **Alimgazin A. Sh., Alimgazina S. G.** Teplonasosny`e texnologii dlya teplosnabzheniya razlichny`x ob``ektov. Opy`t Respubliki Kazaxstan//AVOK-E`nergosberezhenie. [Alimgazin A. sh., Alimgazina S. G. heat pump technologies of heat supply of various objects. Experience of the Republic of Kazakhstan]. – AVOK-energy saving. – 2013. – No. 8. – P. 68–73.

8 **Prishhepova, S. A., Sultanguzin, I. A., Alimgazin, A. Sh., Evseenko, I. V., Fedyuxin, A. V., Bartenev, A. I., Yavorovskij, Yu. V.** Ispol`zovanie nizkotemperaturny`x VE`R s primeneniem transformatorov teploty` v czvetnoj metallurgii.// Nadezhnost` i bezopasnost` e`nergetiki. [Prishchepova S. A., Sultanguzin I. A., Alimgazin A. Sh., Evseenko I. V., Fedyukhin A.V., Bartenev A. I., yavorovsky Yu. V. Application of low-temperature Ver with the use of thermal transformers in non-ferrous metallurgy]. – Moscow. – 2020. – No. 2. – P. 97–104.

9 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Zhumagulov, M. G.** Heat pump in a new modular configuration to recover low-grade heat emissions at enterprises//E3S Web of Confe-rences 178, 01003 (2020) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801003 HSTED-2020.

10 **Yavorovsky, Yu. V., Bartenev, A. I., Sultanguzin, I. A., Alimgazin, A. Sh., Prishchepova, S. A., Kalyakin, I. D.** Improving energy and environmental efficiency of combined heat-and power plant based on absorption heat transformers.//E3S Web of Conferences 178, 01010 (2020).

11 **Alimgazin, A. Sh., Prishchepova, S. A., Sultanguzin, I. A., Fedyukhin, A. V., Yavorovsky, Yu. V., Bartenev, A. I.** The use of heat transformers for the low-temperature secondary energy resources recovery in non-ferrous metallurgy enterprises.//E3S Web of Conferences 178, 01017 (2020).

12 **Yavorovskij, Yu. V., Sultanguzin, I. A., Alimgazin, A. Sh., Bartenev, A. I., Prishhepova, S. A., Trushin, E. S.** Povy`shenie e`nergeticheskoj i e`kologicheskoj e`ffektivnosti teploe`lektrocentrali na osnove primeneniya absorbcionny`x transformatorov teploty`. [Yavorovsky Yu. V., Sultanguzin I. A., Alimgazin A. sh., Bartenev A. I., Prishchepova S. A., Trushin E. S. Improving the energy and environmental efficiency of thermal power plants based on the use of absorption thermal transformers]. – Vestnik MEI, 2020. – No. 4, P. 89–97.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

А. Ш. Алимгазин[1], И. А. Султангузин[2], Ю. В. Яворовский[2],

И. Г. Ахметова[3], А. Н. Бергузинов[4]

Қазақстан Республикасының өнеркәсіптік кәсіпорындарының энергетикалық тиімділігін арттыру үшін абсорбциялық жылу трансформаторларын қолдану перспективалары

[1]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы;
[2]«МЭИ» Ұлттық зерттеу университеті,
Мәскеу қ., Ресей Федерациясы;
[3]Қазан мемлекеттік энергетикалық университеті,
Қазан қ., Ресей Федерациясы;
[4]Торайғыров университеті,
Павлодар қ., Қазақстан Республикасы.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

A. Sh. Alimgazin[1], I. A. Sultanguzin[2], Yu. V. Yavorovsky[2], I. G. Akhmetova[3], A. N. Berguzinov[4]

Prospects for the use of heat absorption transformers to improve the energy efficiency of industrial enterprises of the Republic of Kazakhstan

[1]L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
[2]National Research University «MPEI»,
Moscow, Russian Federation;
[3]Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russia Federation;
[4]Toraighyrov University,
Pavlodar, Republic of Kazakhstan.
Material received on 11.12.20.

Мақалада энергетика және әлемнің жетекші елдерінде кеңінен таралған абсорбциялық тоңазытқыш технологияларды қолдану, сонымен қатар өнеркәсіптің әртүрлі салаларында кондиционерлеу жүйесі туралы өзекті мәселелер қарастырылған. АБТМ суықты өндіру үшін (әдетте +5 °С дейінгі температурамен салқындатылған суды өндіру үшін) тастанды жылуды кәдеге жаратады. АБЖС әр түрлі нысандарды жылумен және ыстық сумен жабдықтауға арналған жоғары тиімді энергия үнемдейтін жабдық болып табылады және жоғары температура деңгейіндегі жылуды өндіруге арналған (ыстық су немесе бу) 50–90 °С дейін төмен потенциалдық энергиядан жоғары потенциалдық энергияға байланысты (жылу энергиясын тасымалдау).

Кілтті сөздер: энергия тиімділігі, абсорбциялық жылу трансформаторлары, абсорбциялық бромистолитиялық жылу сорғылары, абсорбциялық тоңазытқыш машиналар.

The article deals with issues related to the use of absorption refrigeration technologies, which are very widespread in the energy sector, various industries, comfort air conditioning systems for buildings of various purposes, etc. in the leading countries of the world. ABRM utilize waste heat for the production of cold (usually for the production of chilled water with a temperature of up to +5 °C). ABHP are highly efficient energy-saving equipment for heat supply and hot water supply of various facilities and are designed to produce heat of a higher temperature level (hot water or steam) up to 50–90 °C from low-potential energy at the expense of high-potential energy (heat transfer).

Keywords: energy efficiency, absorption heat transformers, absorption lithium bromide heat pumps, absorption refrigerating machines.

МРНТИ 86.37

https://doi.org/10.48081/TQUV4796

А. М. Ахметбекова, Ә. К. Ерқоныр
Горно-технологический институт, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, Республика Казахстан, г. Жезказган

ОЗДОРОВЛЕНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ЛИТЕЙНО-МЕХАНИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ Г. ЖЕЗКАЗГАН

Вентиляция производства – комплекс мер, направленных на организацию и поддержание стабильного воздухообмена в производственных помещениях. Основным вредным веществом, выделяемым в воздух рабочей зоны сварочно-кузнечного цеха является оксид азота и оксид углерода. При газовой резке металлов выделяется сварочный аэрозоль, окислы марганца, оксиды хрома, азота и углерода. В сварочно-кузнечном цехе установлена единственная приточно-вытяжная вентиляции. Существующая система вентиляции не обеспечивает снижение концентрации оксида марганца, оксида азота и оксида углерода до ПДК, что отрицательно влияет на здоровье рабочих. В связи с этим предлагается реконструкция системы вентиляции. Для снижения загрязнения в рабочей зоне сварочно-кузнечного цеха предлагается применить рукавные фильтры с импульсной продувкой.

Ключевые слова: промышленная вентиляция, рукавный фильтр, сварщик, вредные вещества, сварочно-кузнечный цех, хронические заболевания.

Введение

Комфортность условий труда и обеспечение нормируемых параметров воздушной среды в производственных помещениях, предотвращение загрязнения воздушного бассейна обусловлены в первую очередь эффективной работой приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающей подачу чистого воздуха и удаление загрязненного.

Как правило, для промышленных объектов обычно предусмотрена подача воздуха через окна и двери – естественно. В случаях, когда организация естественной приточной вентиляции невозможна, нужна промышленная вентиляция на объекте с применением принудительной приточной системы [1, 2, 3].

Это можно объяснить тем, что при отсутствии вентиляции в закрытых

помещениях возрастает концентрация вредных веществ, что отрицательно сказывается на самочувствии людей. Также принудительный приток воздуха необходим при обработке поступающего воздуха.

Так как работа производственного оборудования сварочно-кузнечного цеха сопровождается выделением в воздух тепла, водяных паров, вредных газов и пыли. То для того чтобы в помещениях поддерживать состав и состояние воздуха, соответствующим санитарным нормам, необходима принудительная система воздухообмена [4].

Материалы и методы

Основным вредным вещество, выделяемым в воздух рабочей зоны сварочно-кузнечного цеха является оксид азота и оксид углерода.

Сварочно-кузнечный цех изготавливает и выпускает следующие виды продукций: металлоконструкций любой сложности, ремонт узлов и деталей ЖОФ-1, 2, ЖМЗ и рудников весом до 30 тонн. Ковка и штамповка детали, ремонтных узлов, анкерных болтов крепления кровли шахты для рудников, а так же болтов для футировки мельниц и дробилки ЖОФ-1, 2.

В процессе проведения сварочных работ выделяются различные примеси, основными из которых являются твердые частицы и газы. Особенно сильное загрязнение воздуха вызывает сварка электродами с качественными покрытиями. Состав пыли и газов определяется содержанием покрытия и составом свариваемого и электродного металла. Сварочная пыль представляет собой смесь мельчайших частиц окислов металлов и минералов. Основными составляющими являются окислы железа (до 70 %), марганца, кремния, хрома, фтористые и другие соединения. Наиболее вредными веществами, входящими в состав покрытия и металла электрода, являются хром, марганец и фтористые соединения. Воздух в рабочей зоне сварщика также загрязняется различными вредными газами: окислами азота, углерода, фтористым водородом и др.

При газовой резке металлов выделяется сварочный аэрозоль, окислы марганца, оксиды хрома, азота и углерода [5, 6].

Удаление вредных газов и пыли из зоны сварки и резки, а также подача чистого воздуха обычно осуществляется местной и общей вентиляцией. Объем подаваемого свежего воздуха должен быть не менее 30 м^3/ч. Без вентиляции сварка внутри замкнутых пространств не разрешается. Поэтому, если часовой расход электродов менее 0,2 кг на 1 м^3 объема помещения и если концентрация сварочной пыли меньше предельно допустимой, разрешается естественное проветривание помещений. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в табл. 1 [7].

Таблица 1 − Предельно допустимые концентрации вредных веществ,

выделяющихся в воздух при сварке и резке металлов

Вещество	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м^3
Твердая составляющая сварочного аэрозоля	
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20 %	0,2
Оксид железа	6,0
Кремния диоксид	1,0
Хрома (III) оксид	1,0
Хрома (VI) оксид	0,01
Цинка оксид	6,0
Газовая составляющая сварочного аэрозоля	
Оксид азота	2,0
Оксид марганца	0,3
Озон	0,1
Оксид углерода	20,0
Фтористый водород	0,5/1,0

Если сварка и газовая резка металлов производятся в одном цехе, то при определении валового выброса той или иной примеси необходимо суммировать все выделения в том и другом процессах.

Расчет вредных веществ, выделяющихся при сварке металлов, определяется из расчета расхода массы электродов. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Количество выделяющихся вредных примесей i-го компонента при ручной электродуговой сварке на 1 кг израсходованных электродов можно определить по формуле, кг [8]

$$G=10^{-3}\cdot q\cdot i\cdot B, \quad (1)$$

где g_i − удельное выделение − i-го компонента на 1 кг израсходованных электродов;

В − масса расходуемых электродов за рассматриваемый промежуток времени (час, смену, год и т.п.).

Расчет вредных веществ, выделяющихся при газовой сварке металлов, определяется из расчета времени проведения работ. При газовой сварке в ацетилено-кислородном пламени выделяются оксиды азота в количестве 22 г на 1 кг ацетилена. При сварке в пламени пропан-бутановой смеси выделяется 15 г оксидов азота на 1 кг смеси. Максимальный разовый выброс выделяющихся вредных примесей i компонента при проведении сварки

можно определить по формуле, г/с

$$M_i=\frac{g_i\cdot B}{3600\cdot\tau}, \quad (2)$$

где *B* – время непосредственно проведения сварки в течение смены, ч.

τ – максимальное количество электродов, израсходованных в течение смены, кг;

Расчет вредных веществ, выделяющихся при резке металлов, определяется также из расчета времени проведения работ. Количество выделяющихся вредных примесей *i* компонента при резке можно определить по формуле, кг

$$G_{ip}=10^{-3}\cdot g_{ip}\cdot\tau_p, \quad (3)$$

где g_{ip} – удельное выделение – *i* компонента при резке металла за 1 час работы,

τ_p – время непосредственного проведения резки, ч.

Максимальный разовый выброс выделяющихся вредных примесей *i* компонента при газовой резке металлов можно определить по формуле, г/с

$$M_i=\frac{g_i}{3600}, \quad (4)$$

Количество выделяющихся вредных веществ и максимальный разовый их выброс при ручной электродуговой сварке металлов за смену (8 часов). При сварке используются электроды марки МР-3, расход электродов за смену 5 кг, время «чистой» работы сварщика 6 часов. Сравнить полученные результаты с ПДК вредных веществ на рабочем месте сварщика и сделать выводы. Рассчитать потребный воздухообмен [8].

Решение. Количество выделяющихся вредных веществ G_i при ручной электродуговой сварке можно определить по формуле (1), кг/смена:

твердых частиц (пыли) – $G_П=10^{-3}\cdot 10,6\cdot 5=0,053$ кг;

оксиды марганца – $G_{Мп}=10^{-3}\cdot 1,65\cdot 5=0,0078$кг

фтористый водород – $G_В=10^{-3}\cdot 0,4\cdot 5=0,002$ кг

Максимальный разовый выброс выделяющихся вредных примесей *I* компонента при проведении электродуговой сварки можно определить по формуле (2):

твердых частиц (пыли) – $M_{П} = \frac{10,6 \cdot 5}{3600 \cdot 6} = 0,00245$ г/с;

оксиды марганца – $M_{П} = \frac{1,56 \cdot 5}{3600 \cdot 6} = 0,00036$ г/с;

фтористый водород – $M_{П} = \frac{0,4 \cdot 5}{3600 \cdot 6} = 0,000093$ г/с.

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны

$$C_{Mn} = 0,36 \text{ мг/с} : 1 \text{ м}^3/\text{с} = 0,36 \text{ мг/м}^3$$

Согласно ГОСТ 12.1.005-88, ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны сварщика не должны превышать:

по оксидам марганца ПДК = 0,3 мг/м$^{-3}$;

по фтористому водороду ПДК = 0,5 мг/м$^{-3}$.

При сравнении полученных в расчете величин выделяющихся вредных веществ с нормативными видно, что по оксидам марганца имеется в рабочей зоне сварщика небольшое превышение (должно быть не более 0,3 мг/м^3, а имеем 0,36 мг/м^3) [8].

В воздухе рабочей зоны сварочно-кузнечного цеха присутствуют вредные пары и газы: оксид углерода, хром, никель, мышьяк, асбест, марганец, кремний и они могут быть чрезвычайно токсичны.

Сварщики могут также заболевать разнообразными хроническими заболеваниями дыхательных путей, включая бронхит, астму, пневмонию, эмфизему, уменьшению жизненной емкости легких, силикоз (вызванный воздействием частиц кремния), сидероз (болезнь, вызванная попаданием оксидов железа в легкие). Другие заболевания, связанные со сваркой – это сердечные заболевания, кожные заболевания, потеря слуха, хронический гастрит (воспаление желудка), гастродонит (воспаление желудка и двенадцатиперстной кишки), и язва желудка и двенадцатиперстной кишки. Сварщики, выполняющие сварку тяжелых металлов, таких как хром и никель, склонны к заболеваниям почек [9].

Результаты и обсуждение

Результаты некоторых исследований показали, что у женщин - сварщиц и жен сварщиков увеличивается количество самопроизвольных выкидышей или осложнений во время беременности.

Возможные причины − это воздействие:

− металлов (алюминия, хрома, никеля, кадмия, железа, марганца, и меди);

− газов (веселящего газа и озона);

− теплоты;

− ионизирующей радиации (применяется при контроле качества сварных соединений);

Сварщики, выполняющие сварку или резку металлов с поверхностями, покрытых асбестовой изоляцией, рискуют заболеть раком легких, мезотелиомой, и другими связанными с воздействием асбеста заболеваниями.

Сварщики, работающие с такими материалами должны быть специально обучены и обеспеченны надлежащими защитными средствами и оборудованием.

В сварочно-кузнечном цехе пылегазовой лабораторией (ПГЛ) также производятся замеры в трех точках на рабочих местах.

К определяемым веществам относится оксид азота и оксид углерода, ПДК которых составляет 2 мг/м^3 и 20 мг/м^3. В трех точках, где производятся замеры, концентрация оксид углерода превышает ПДК т.е. составляет 24 мг/м^3.

В сварочно-кузнечном цехе установленно единственная приточно-вытяжная вентиляции. Вытяжная и приточная вентиляционная установка включают в себя вентилятор и электродвигатель. Конструктивной особенностью приточной установки является наличие калориферной установки, которая обеспечивает подачу нагретого воздуха в холодный период года.

Существующая система вентиляции не обеспечивает снижение концентрации оксида марганца, оксида азота и оксида углерода до ПДК, что отрицательно влияет на здоровье рабочих. В связи с этим предлагается реконструкция системы вентиляции. Вентиляция в цеху является единственным мероприятием по снижению концентрации оксида азота и оксида углерода в воздухе рабочей зоны. Поэтому неправильное ее устройство приводит к высокому содержанию оксид азота и оксид углерода в воздухе рабочей зоны, что ведет к росту заболеваемости рабочих [10].

Выводы

Для снижения загрязнения в рабочей зоне сварочно-кузнечного цеха предлагается применить рукавные фильтры с импульсной продувкой (Рис 1) [11].

Рукавные фильтры с импульсной продувкой предназначены для очистки воздуха от любых газов и мелкодисперсных сухих неслипающихся пылей. Фильтры имеют встроенный механизм регенерации импульсной продувкой сжатым воздухом. Фильтрующим элементом являются рукава на металлических каркасах. Особенности фильтра:

Высокоэффективные фильтровальные рукава из материала PE MPS (полиэфир с микроволокнами, micro pores by micro fibres), производства Германия, в стандартной комплектации фильтра.

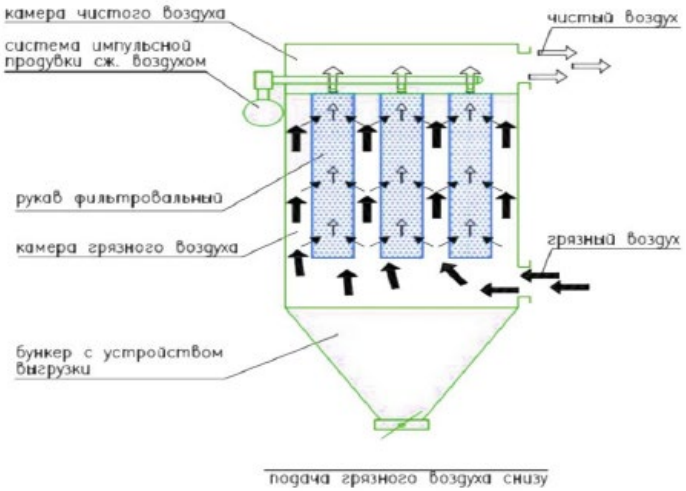


Рисунок 1 – Рукавные фильтры с импульсной продувкой

Фильтры серии СРФ15 представляют собой типовые фильтровальные секции производительностью до 15000 м^3/ч. Наращивание производительности фильтра осуществляется путем добавления секций.

Оригинальное «сотовое» расположение рукавов в корпусе фильтра, позволяющее плотнее упаковать рукава и получить фильтр большей производительности при меньших габаритах [12].

Формирование импульса сжатого воздуха для регенерации рукавов осуществляется соленоидными клапанами импортного производства. Клапаны характеризуются длительным сроком службы. Направление загрязненного воздуха внутри фильтра происходит сверху вниз, что снижает пылевую нагрузку на фильтровальную ткань, уменьшает риск налипания вредного газа и пыли на рукава и облегчает их регенерацию.

При необходимости возврата уловленного продукта обратно в технологический цикл предусматривается разделение фильтровальных секций и бункеров. При этом вентиляционные воздуховоды от разных технологических процессов подключаются к разным фильтровальным секциям, что приводит к осаждению в бункерах не смешанных друг с другом продуктов, легко возвращаемых обратно технологический процесс.

Обслуживание фильтра сбоку (не требуется место над фильтром). Большая удобная сервисная дверь облегчает контроль состояния камеры и фильтровальных рукавов, а также обеспечивает легкую чистку фильтра и замену рукавов.

В стандартную комплектацию входит:

− фильтровальная секция;

− бункер с опорами, ручной выгрузкой и аварийным индикатором уровня наполнения бункера;

− система автоматики управления фильтром с регенерацией фильтровальных элементов по таймеру с возможностью настройки.

В дополнительную комплектацию может входить:

− оснащение различными устройствами выгрузки бункера (шлюзовой перегрузчик, шнек);

− высокотемпературное исполнение;

− взрывозащищенное исполнение;

− силосное исполнение (без бункера);

− теплоизоляция корпуса;

− площадки обслуживания;

− вентилятор;

− другие опции по требованиям заказчика.

Возможно нестандартное исполнение:

− изменение высоты фильтра;

− изменение ориентации патрубков входа и выхода воздуха;

− исполнение из нержавеющей стали.

Загрязненный воздух поступает в рукавный фильтр через патрубок в камеру «загрязненного» воздуха, проходит через рукава, при этом загазованный воздух задерживаются на их наружной поверхности, а очищенный воздух поступает в чистую камеру и через патрубок выходит из фильтра.

Регенерация загрязненных фильтровальных элементов осуществляется импульсом сжатого воздуха. Сжатый воздух из ресивера через электромагнитные клапаны поступает в продувочные трубы, расположенные над открытыми торцами фильтровальных элементов в камере очищенного воздуха. Импульс сжатого воздуха через сопла в продувочных трубах направляется внутрь фильтровального элемента, сбрасывая вредные вещества с его наружной поверхности. Вредные вещества, отряхиваемая с фильтровальных элементов осыпается в бункер и через устройство выгрузки удаляется из фильтра. Таким образом, осуществляется эффективная двухступенчатая очистка воздуха отгаза и пыли.

Установка дополнительной установки в рабочей зоне сварочно-кузнечного цеха позволит снизить концентрацию оксида марганца и оксида углерода до ПДК.

Список использованных источников

1 **Жакупбекова, Ж. Н., Жаппарова, Б. Ж.** Охрана труда в промышленности. – Жезказган : «Полиграфия», 2013, – 80–83 стр.

2 **Брауде, М. З.** Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде. – М. : «Книга по Требованию», 2012.

3 **Кукин, П. П., Лапин, В. Л.** Безопасность технологических процессов и производств. – Москва, Высшая школа, 2012. – 112 стр.

4 Декларации промышленной безопасности ЛМЗ за 2017, 2018, 2020г.

5 Основы проектирования литейных цехов и заводов. /Под ред. Б. В. Кнорре. – М. : Машиностроение, 2011. – 376 бет.

6 **Кривошеин, Д. А., Дмитренко, В. П., Федотова, Н. В.** Основы экологической безопасности производств. – 2015.

7 **Виноградов, В. С.** Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки. – М. : «Академия», 2001. – 319 с.

8 **Константинов В. М.** Экологические основы природопользования. – 2014.

9 **Бродский, А. К.** Общая экология: Учебник для студентов вузов. / А. К. Бродский. – М. : Изд. Центр «Академия», 2016. – 256 стр.

10 **Ларионов, Н. М.** Производственная экология: Учебник для бакалавров. / Н. М. Ларионов, А. С. Рябышенков. – М. : Юрайт, 2017. – 495 стр.

11 Рукавный фильтр с импульсной продувкой. [Электронный ресурс]. – https://www.pke.kz/ru/articles/860-rukavnyj_filtr_s_impulsnoj_produvkoj.

12 СРФ15 рукавный с импульсной продуквой. [Электронный ресурс]. – https://e-f.ru/catalog/rukavnie-filtri/vit-filters/srf15-rukavnyy-s-impulsnoy-produvkoy.

References

1 **Zhakupbekova, Zh. N., Zhapparova, B. Zh.** Oxrana truda v promy`shlennosti. [Zhakupbekova J. N., Jalparova B. J. Labor protection in the industry]. – Zhezkazgan : «Polygraphy», 2013, – 80–83 p.

2 **Braude, M. Z.** Oxrana truda pri svarke v mashinostroenii / M. Z. Braude. [Braude M. Z. Labor protection during welding in mechanical engineering / M. Z. Braude]. – M. : «Book on Demand», 2012.

3 **Kukin, P. P., Lapin, V. L.** Bezopasnost` texnologicheskix processov i proizvodstv. [Kukin P. P., Lapin V. L. Safety of technological processes and productions]. – Moscow : Higher school, 2012, – 112 p.

4 Deklaracii promy`shlennoj bezopasnosti LMZ za 2017, 2018, 2020g. [Foundry and mechanical plantindustrial safety Declarations for 2017, 2018, and 2020].

5 Osnovy` proektirovaniya litejny`x cexov i zavodov. /Pod red. B. V. Knorre. [Fundamentals of designing foundries and factories. / Ed. by B. V. Knorre]. – Moscow: Mashinostroenie, 2011. – 376 b.

6 **Krivoshein, D. A., Dmitrenko, V. P., Fedotova, N. V.** Osnovy` e`kologicheskoj bezopasnosti proizvodstv. [Krivoshein D. A., Dmitrenko V. P., Fedotova N. V. Funda-mentals of environmental safety of production]. – 2015.

7 **Vinogradov, V. S.** Oborudovanie i texnologiya dugovoj avtomaticheskoj i mexanizirovannoj svarki. [Vinogradov V. S. Equipment and technology of arc automatic and mechanized welding]. – M. : «Academy», 2001. – 319 p.

8 **Konstantinov V. M.** E`kologicheskie osnovy` prirodopol`zovaniya. [Konstantinov V. M. Ecological bases of nature management]. – 2014.

9 **Brodskij, A. K.** Obshhaya e`kologiya: Uchebnik dlya studentov vuzov. / A. K. Brodskij. [Brodsky A. K. General ecology: Textbook for University students. / A. K. Brodsky]. – M. : Publishing Center «Academy», 2016. – 256 p.

10 **Larionov, N. M.** Proizvodstvennaya e`kologiya: Uchebnik dlya bakalavrov. / N. M. Larionov, A. S. Ryaby`shenkov. [Larionov N. M. Production ecology: Textbook for bachelors / N. M. Larionov, A. S. Ryabyshenkov]. – M. : Yurayt, 2017. – 495 p.

11 Rukavny`j fil`tr s impul`snoj produvkoj. [Bag filter with pulse purge]. – [Electronic resource]. – https://www.pke.kz/ru/articles/860-rukavnyj_filtr_s_impulsnoj_produvkoj.

12 SRF15 rukavny`j s impul`snoj produkvoj. [СРФ15 bag filter with impulse blowing]. [Electronic resource]. – https://e-f.ru/catalog/rukavnie-filtri/vit-filters/srf15-rukavnyy-s-impulsnoy-produvkoy.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

А. М. Ахметбекова, Ә. К. Ерқоңыр

Жезқазған қаласындағы құю механикалық зауытындағы ауалық ортаны сауықтыру

Тау-кен технологиялық институты,
Ө. А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті,
Жезқазған қ., Қазақстан Республикасы.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

A. M. Ahmetbekova, A. K. Yerkongyr

Improvement of the air environment at the Foundry and mechanical plant in Zhezkazgan

Mining and Technological Institute,
Zhezkazgan Baikonurov University.
Zhezkazgan, Republic of Kazakhstan.
Material received on 11.12.20.

Өндірісті желдету-өндірістік үй-жайларда тұрақты ауа алмасуды ұйымдастыруға және қолдауға бағытталған шаралар кешені. Дәнекерлеу цехының жұмыс аймағының ауасына шығарылатын негізгі зиянды зат-азот оксиді және көміртегі оксиді. Металдарды газбен кесу кезінде дәнекерлеу аэрозолы, марганец оксидтері, хром, азот және көміртек оксидтері шығарылады. Дәнекерлеу-ұста цехында жалғыз сору-шығару желдеткіші орнатылған. Қолданыстағы желдету жүйесі марганец оксиді, азот оксиді және көміртегі оксиді концентрациясын ШРК-га дейін төмендетуді қамтамасыз етпейді, бұл жұмысшылардың денсаулығына теріс әсер етеді. Осыған байланысты желдету жүйесін қайта құру ұсынылады. Дәнекерлеу-ұста цехының жұмыс аймағындағы ластануды азайту үшін импульстік үрлеуі бар сөмке сүзгілерін қолдану ұсынылады.

Кілтті сөздер: Өнеркәсіптік желдету, сөмке сүзгісі, дәнекерлеуші, зиянды заттар, дәнекерлеу-ұста цехы, созылмалы аурулар.

Production ventilation is a set of measures aimed at organizing and maintaining stable air exchange in industrial premises. The main harmful substances released into the air of the working area of the welding and forging shop are nitrogen oxide and carbon monoxide. Gas cutting of metals releases welding aerosol, manganese oxides, chromium oxides, nitrogen oxides, and carbon oxides. The only supply and exhaust ventilation is installed in the welding and forging shop. The existing ventilation system does not reduce the concentration of manganese oxide, nitrogen oxide and carbon monoxide to MPC, which negatively affects the health of workers. In this regard, it is proposed to reconstruct the ventilation system. To reduce contamination in the working area of the welding and forging shop, it is proposed to use bag filters with pulse purging.

Keywords: industrial ventilation, bag filter, welder, harmful substances, welding and forging shop, chronic diseases.

МРНТИ 55.39.31

https://doi.org/10.48081/MRLQ1428

А. М. Бекахметов, А. Х. Мустафин, Б. Г. Жанахудтинов, Д. Н. Қабылқайыр, Н. Н. Смагулов
Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ МЕТОДОМ СНИЖЕНИЙ ВИБРАЦИЙ

Надежность насосных агрегатов существенно зависит от уровня вибрации, создаваемых при их работе. Также работа данных машин по уровню шума (вибрации) в помещении или на рабочем месте должна отвечать требованиям санитарно-гигиенических норм. Поэтому исследования в этом направлении актуальны. Данные исследования способствуют повышению долговечности и условии промышленной безопасности как для магистральных насосов, так и для технологических, используемых в нефтехимическом и нефтегазовом производстве. Для снижения колебаний в ДУ предлагается использовать современные материалы, обладающие при высокой податливости значительной прочностью, равносильной прочности стали. В настоящее время мерами, обеспечивающими надежность и безопасность от последствий повышенной вибрации насосных агрегатов, является вибрационная диагностика и мониторинг. Однако, они не решают проблемы по снижению вибрации и уменьшению отказов.

В данной статье приведено исследование методов снижений вибраций насосных агрегатов с целью снижения количества отказов по причине повышенной вибрации и увеличения динамических нагрузок, улучшение условия труда за счет уменьшения шума, вибрации и утечек жидкостей в насосных агрегатов. Задачами исследований являются разработка методики расчета и подбора параметров ДУ.

Ключевые слова: вибрация, насосные агрегаты, демпферные устройства, динамическая нагрузка, уменьшение шума, промышленная безопасность, магистральные насосы, снижение колебаний, вибрационная диагностика, нефтегазовое производство.

Введение

Надежность насосных агрегатов существенно зависит от уровня вибрации, создаваемых при их работе. Работа данных машин по уровню шума (вибрации)

в помещении или на рабочем месте должна отвечать требованиям санитарно-гигиенических норм. Поэтому исследования в этом направлении актуальны. Основными причинами повышенной вибрации насосных агрегатов являются неуравновешенность ротора, смещение осей валов, гидродинамическая неравномерность потока в проточной части насоса.Исследования способствуют повышению долговечности и условии промышленной безопасности как для магистральных насосов,так и для технологических, используемых в нефтехимическом и нефтегазовом производстве.

Целью исследования является снижение количества отказов по причине повышенной вибрации и увеличения динамических нагрузок, улучшение условий труда за счет уменьшения шума, вибрации и утечек жидкостей в насосных агрегатах. Задачами исследований являются разработка методики расчета и подбора параметров ДУ.

Материалы и методы

Причины повышеннойвибрации насосных агрегатовсущественно зависит от уровня создаваемых при их работе. По данным авторитетных источников[1], исследовавших 32 площадки насосных станции магистральных нефтепроводов, около 38–45 % от всех отказов происходит по причине повышенных вибрации.

Вибрации вызывают разрушение подшипников, динамическую загруженность соединений насоса с фундаментом, смещение и биение ротора. В связи с этим ухудшаются условия работы торцевых и щелевых уплотнении, сопровождающиеся увеличением утечек жидкостей и перекрытием зазоров в соединениях корпуса и колеса.

Основные причины вибрации насосного агрегата по характеру их проявления(неуравновешенность ротора и смещение осей валов) представлены в таблице1. Гидродинамическими источниками колебаний могут быть динамические составляющие радиальных и осевых сил, действующих на ротор насоса и обусловленных неравномерностью распределений давлений в проточных каналах насоса [2].

Рассматривая основные причины вибрации насосного агрегата, можно определиться со спектром частот, по которым необходимо произвести подбор амплитудно-частотных характеристик демпферных устройств(ДУ) и оптимизацию их параметров. Неуравновешенность ротора (дисбаланс) при его вращении вызывает переменные нагрузки на опорах ротора и изгиб вала. Это наиболее общая из часто встречающихся причин вибрации. Максимальная амплитуда вибрации при дисбалансе имеет радиальное направление. Частота вибрации (в Гц), характерная для дисбаланса, равна: $f = n/60$, где n– частота вращения ротора в минуту. Гидродинамическими источниками колебаний могут быть динамические составляющие

радиальных и осевых сил, действующих на ротор насоса и обусловленных неравномерностью распределений давлений в проточных каналах насоса. Пульсации этих сил являются сложными колебаниями, содержащими компоненты на частоте вращения f, лопастной частоте $Z{\cdot}f$ (Z– число лопаток) и их гармоники – $k\,f$ и $k\,Z\,f$ (k– 1, 2, 3 – номер гармоники). Следовательно, при расчете параметров демпферов необходимо произвести их оптимизацию, которая учитывала бы взаимное влияние колебаний механической системы.

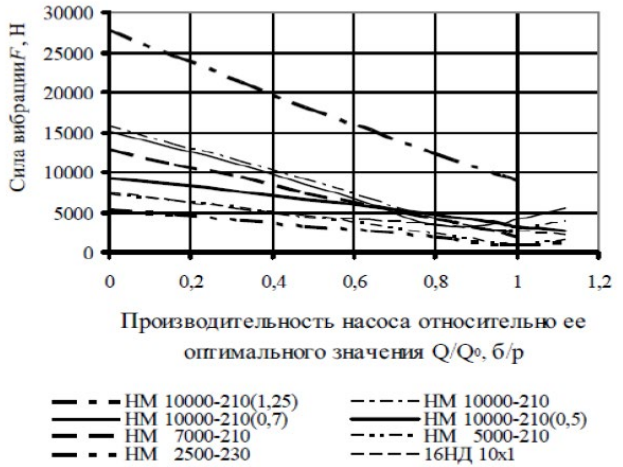


Рисунок 1 – Сила вибрации от пульсации давления при неполной подачи

Насостипа НМ10000-210 – центробежный горизонтальный одноступенчатый спирального типа с рабочим колесом двустороннего входа, снабженный подшипниками скольжения с принудительной смазкой. Концевые уплотнения ротора – механические торцовые одинарные с гидравлической разгрузкой и дополнительным щелевым уплотнением в соответствии с API 682. В насосе НМ 10000-380-2 применены двойные торцовые уплотнения фирмы «Бургман» с системой обеспечения работоспособности. Нефть, поступающая на охлаждение торцовых уплотнений, проходит очистку в циклонном сепараторе. Для восприятия радиальных нагрузок применены опорные подшипники скольжения с высокой несущей способностью, а для восприятия осевых нагрузок – сдвоенные радиально-упорные подшипники качения SKF.Максимальный диаметр вала насоса выбирается в месте посадки рабочего колеса, а к концам диаметр вала ступенчато уменьшается. Для демпфирования вибрации, действующей на вал ротора, наружное кольцо подшипников качения или наружная поверхность вкладыша для подшипников

скольжения устанавливается в расточку корпуса, покрытого эластомером или другим упругим элементом. Лапки корпуса насоса устанавливаются на настиле, изготовленного из эластомера. Математическая модель состоит из двух масс, как показано на рисунке 2 ,связанных между собой жесткостью и диссипативными связями в виде коэффициентов жесткости и демпфирования. Для магистральных насосов НМ 10000-210: масса корпуса насоса без ротора m_1=10470 кг, масса ротора, то есть вала с опорами и рабочим колесом m_2=429 кг. Согласно данным на рисунке 2 возмущающая вибрацию сила от пульсации давления в проточной части насоса при снижении подачи до $0,6Q_н$ (от номинального значения) для насосов НМ 10000-210 равна F_1=1500 Н.

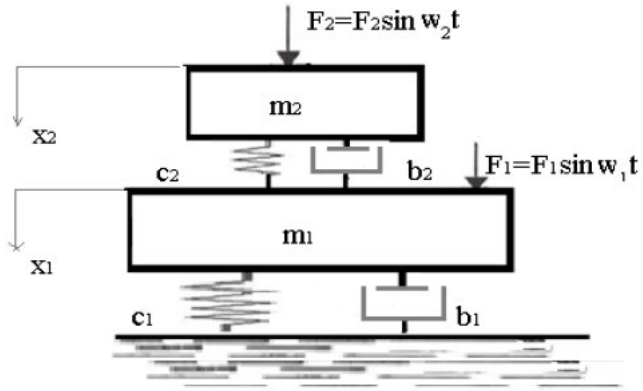


Рисунок 2 – Математическая модель колебании системы ротор-корпус насоса

Зависимость сил упругой деформации опор R_1на фундаменте и R_2 ротора на подшипниках лучше представить графиком изменения их величин от коэффициентов жесткостей. Так, применение ДУ при возмущении от неравномерности потока в проточной части насоса приводит к снижению амплитуды силы упругой деформации обеих опор: R_1 в 315,5/39,79=7,9 раз, а амплитуды силы R_2, в 131,75/14,01=9,4 раз. Демпфирование опор не взаимосвязано и применение ДУ на одной из опор практически не отражается на демпфировании колебании другой опоры.

Возбуждение колебаний системы от силы F_2 в исследуемом интервале 1500–3000 Н, вызванное радиальным смещением оси ротора, соответственно, в диапазоне 0,035–0,070 мм, сопровождается ростом амплитуды силы реакций в опорах. Без ДУ силы упругой деформации в опорах корпуса насоса на фундаменте больше,чем в подшипниках ротора.

Таблица 1 – Результаты моделирования вибрации от радиального смещения оси ротора

Сила деформации опоры	Без ДУ	с ДУ	Δ,мм	D,гмм
R1	4799	2481	0.035	15000
R2	5611	234	0,035	15000
R1	7471	3341	0,047	20000
R2	6442	695	0,407	20000
R1	9729	5007	0,070	30000
R2	11222	1045	0,070	30000

На рисунке 3 показано, что с применением демпферных устройств силы реакции в опорах существенно снижаются. Так, например, при дисбалансе ротора 20000 г мм сила в опоре ротора почти в 10 раз(6442/695), а сила в опорах насоса в 2,5 раза (7471/3341) уменьшается. Необходимо отметить, что величины сил реакции от колебании ,вызванных пульсацией потока и смещением осей валов даже при равных значениях возмущающих сил F_1=1500 Н и F_2=1500 Н отличаются значительно. Например, для 1-го варианта расчетов силы R_1,соответственно, равны4799 Н и 315,5 Н, а сила R_2-5611 Н и 131,75 Н и т.д.для остальных вариантов отмечается большая разница в силах реакции.

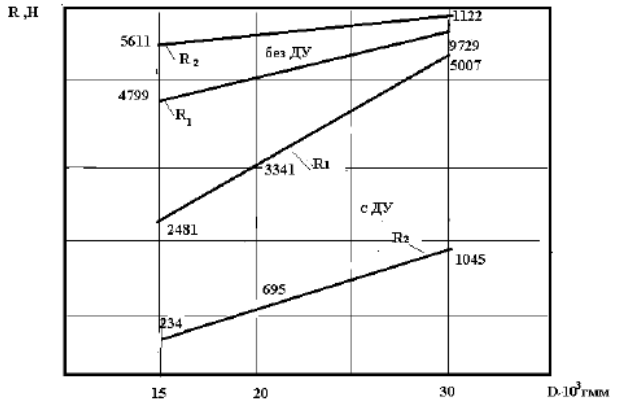


Рисунок 3 – Зависимость сил упругой деформации опор от дисбаланса ротора

Результаты и обсуждение

Вибрационные защитные материалы эластомер Nowelle используются в строительстве жилых, гражданских и производственных объектов для вибрационной защитывозводимых зданий от внешних воздействий(НТЦ «Резина»). Они применяются при монтаже промышленного, вентиляционного оборудования, для обеспечения целей виброизоляции строительных конструкций от работы двигателей и других подвижных частей машин, а также применяются для защиты от различного рода колебаний, влияющих на показания научного и лабораторного оборудования, в быту и для тюнинга автомобилей.

Какого бы типа не был насос, чтобы он не транспортировал газообразную среду или жидкость, в процессе обычной работы он всегда будет генерировать вибрации. Наиболее очевидным и эффективным способом изоляции таких колебаний было и остаётся разъединение насоса и строительной конструкции как показано на рисунке 4. Использование для целей такого типа виброизоляции эластомеров Nowelle – очевидное решение задачи.

Преимущества ДУ с эластомером Nowelle:

– Значительное снижение вибраций передаваемых на конструкции;

– Простота монтажа и демонтажа;

– Высокая эффективность поглощения колебаний при малой толщине материала;

– Использование эластомера в качестве опор для насоса делает его эксплуатацию более рентабельной.

Вибрационная изоляционная резиновая опора со свинцовым сердечником, представленная на рисунке 4, является одноблочным вибрационным изоляционнымустройством с демпфирующим механизмом, составленная из стабильного возвращающего устройства резиновой опоры и поглощающего устройства энергии свинца. Свинец, это металл с хорошей пластической способностью деформироваться и поглощающим энергию устройством. Резиновая опора со свинцовым сердечником, это одна из самых первых опор, которые раньше всех применяются в вибрационных изоляционныхконструкциях. Резиновая опора со свинцовым сердечником с помощью хороших механических свойств, простой конструкции и высоким соотношением цены и качества, уже широко применяется в объекте.

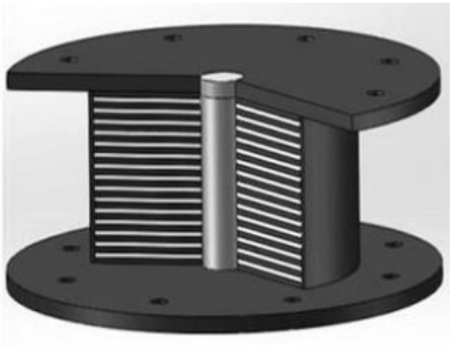


Рисунок 4 – Виброизоляционная резиновая опора со свинцовым сердечником

Резина является деформируемым материалом из-за натяжения и нажатия. У опоры низкая жесткость на растяжение, приблизительно 1/7 ～1/10 жесткости на растяжение. Способность горизонтальной деформации опоры. Стальные листы сдерживают продольную деформацию резины, нет влияния на её горизонтальную деформацию. Одновременно свинцовый сердечник может хорошо следовать за деформацией опоры, поглощает энергию землетрясения и вибрации. Горизонтальное свойство опоры, стабильное, опора из-за существования свинцового сердечника, может ограничивать горизонтальную деформацию опоры. Долговечность опоры. Вибрационное изоляционноеустройство даже после 10 лет использования остается ещё исправной.

Выводы

Основными причинами повышенной вибрации насосных агрегатов являются неуравновешенность ротора, смещение осей валов, гидродинамическая неравномерность потока в проточной части насоса. В настоящее время мерами, обеспечивающими надежность и безопасность от последствий повышенной вибрации насосных агрегатов, является вибрационная диагностика и мониторинг. Однако, они не решают проблемы по снижению вибрации и уменьшению отказов. Установлено, что применение ДУ при возмущении вибрации от неравномерности потока в проточной части приводит к снижению амплитуд сил упругой деформации опор корпуса насоса и подшипников ротора в 8–9 раз, а от радиального смещения осей вала двигателя и насоса в 2–4 раза.Для снижения колебаний в ДУ предлагается использовать современные композитные материалы, обладающие при высокой податливости значительной прочностью, равносильной прочности стали.

Список использованных источников

1 Сейтенова, Г. Ж. Основы нефтепереработки: учебное пособие.– Павлодар: Кереку, 2014, – С. 23–27.

2 Мустафин, А. Х., Сейтенова, Г. Ж. Кабылкаиыр, Д. Н. Моделирование вибрации насосных агрегатов на опорах и методы их снижения, 2020, – С. 51–54.

3 Гумеров, А. Г., Шаммазов, А. М., Быков, Л. И. Снижение колебаний обвязки насосных агрегатов виброизоляторами с заданными силовыми характеристиками. 2016, –С. 120–126.

4 Шабаров, А. Б. Распределение скоростей и давлений по обводам проточной части рабочего колеса центробежного насоса, 2010, – С. 36–38.

5 Мустафин, А. Х., Кабылкаиыр, **Д. Н.** Разработка методов защиты насосных агрегатов от вибрационных нагрузок, 2019, – С. 13–21.

6 Литин Е. А. Теоретические основы вибродиагностики насосных агрегатов для транспортировки нефти, 2018, – С. 54–57.

7 Хайдарова, А. Ф. Неклюдова, П. А. Диагностика технического состояния насоса. 2017, – С. 68–72.

8 Сапко, А. А. Проблемы выявления возбудителей механических вибрации в насосных агрегатах, 2017, – С. 131–132.

9 Исмагилов, М. Р., Кошталева, Е. Б. проблемы вибрации приработе систем насосного оборудования и способ их решения, 2017, – С. 45–49.

10 Марченко, А. Д., Фурсов, В. К. Причины и способы снижения вибрации и шума лопастных насосов, 2015, – С. 90–94.

References

1Seytenova, G. Zh. Osnovyneftepererabotki: uchebnoeposobie. – Pavlodar : Kereku. [Seytenova, G. Zh. Fundamentals of petroleum refining: a training manual]. – Pavlodar : Kereku. – 2014. – P. 23–27.

2 Mustafin, A. Kh., Seitenova, G. Zh., Kabylkayyr, D. N. Modelirovanie kolebaniy nasosnykh agregatov na oporakh i metodyikh snizheniya. [Mustafin A. Kh., Seitenova G. Zh. Kabylkayyr D. N. Modeling of vibration of pump units on supports and methods of their reduction]. – 2020. – P. 51–54.

3 Gumerov, A. G., Shammazov, A. M., Bykov, L. I. Snizhenie kolebanii obvyazki nasosnykh agregatov vibroizolyatorami s zadannymi silovymi kharakteristikami. [Gumerov A. G., Shammazov A. M., Bykov L. I. Reduction of vibrations of piping pumping units with vibration isolators with particular power characteristics]. – 2016. – P. 120–126.

4 Shabarov, A. B. Raspredelenie skorostei i davlenii po protochnoi chaste rabochego kolesa centrobezhnogo nasosa. [Shabarov A. B. distribution of speeds and pressures along the contours of the flow part of the impeller of a centrifugal pump]. – 2010. – P. 36–38.

5 Mustafin, A. Kh., Kabylkayir, D. N. Razrabotka metodov zashity nasosnykh agregatov otvibracionnykh nagruzok. [Mustafin A. H., Abilkaiyr D. N. Development of methods of protection of pumping units against vibration loads]. – 2019. – P. 13–21.

6 Litin, E. A. Teoreticheskie osnovy vibrodiagnostiki nasosnykh agregatov dly ztransportirovki nefti. [Litvin E. A. Theoretical bases of vibration diagnostics of pumping units for oil transportation]. – 2018. – P. 54–57.

7 Haidarova, A. F., Neklyudova, P. A. Diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya nasosa. [Haidarova A. F. Neklyudova P. A. Diagnostics of the technical condition of the pump]. – 2017. – P. 68–72.

8 Sapko, A. A. Problemy vyiavleniya vozbuditelei mekhanicheskikh vibracii v nasosnykh agregatakh. [Sapko A. A. The problem of identification of causative agents of mechanical vibration in the pumping units]. – 2017. – P. 131–132.

9 Ismagilov, M. R., Koshtaleva, E. B. Problemy vibracii pri rabote system nasosnogo oborudovaniya i sposobikh resheniya. [Ismagilov M. R., Kosheleva E. B. Problems of vibration in the operation of pumping equipment systems and a method for their solution]. – 2017. – P. 45–49.

10 Marchenko, A. D., Fursov, V. K. Prichiny i sposoby snizheniya vibraciii shuma lopastnykh nasosov. [Marchenko, A. D., Fursov V. K. Causes and ways to reduce the vibration and noise of centrifugal pumps]. – 2015. – P. 90–94.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

А. М. Бекахметов, А. Х. Мустафин, Б. Г. Жанахудтинов,
Д. Н. Қабылқайыр, Н. Н. Смагулов

Тербелістерді төмендету әдісімен сорғы агрегаттарының қызмет ету мерзімін ұлғайту

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

A. M. Bekakhmetov, A. H. Mustafin, B. G. Zhanakhutdinov,
D. N. Kabylkaiyr, N. N. Smagulov

Increasing the service life of pumping units by reducing vibrations

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 11.12.20.

Сорғы қондырғыларының сенімділігі олардың жұмысы кезінде пайда болатын діріл деңгейіне байланысты. Сондай-ақ осы машиналардың үй-жайдағы немесе жұмыс орнындағы шу (діріл) деңгейі бойынша жұмысы санитарлық-гигиеналық нормалардың талаптарына жауап беруі тиіс. Сондықтан осы бағыттағы зерттеулер өзекті. Осы зерттеулер магистральдық сорғылар үшін де, мұнай-химия және мұнай-газ өндірісінде пайдаланылатын технологиялық сорғылар үшін де ұзақ мерзімділікті және өнеркәсіптік қауіпсіздік шарттарын арттыруға ықпал етеді. ДҚ-да тербелістерді азайту үшін Болаттың беріктігіне тең келетін айтарлықтай беріктігі бар заманауи материалдарды пайдалану ұсынылады. Қазіргі уақытта сорғы қондырғыларының жоғары дірілінен сенімділік пен қауіпсіздікті қамтамасыз ететін шаралар діріл диагностикасы және мониторинг болып табылады. Алайда, олар дірілді азайту және істен шығуды азайту мәселелерін шешпейді.

Бұл мақалада дірілдің жоғарылауы және динамикалық жүктемелердің жоғарылауы салдарынан істен шығу санын азайту, сорғы қондырғыларындағы шуды, дірілді және сұйықтықтың ағып кетуін азайту арқылы еңбек жағдайларын жақсарту мақсатында сорғы қондырғыларының тербелістерін азайту әдістері туралы зерттеулер келтірілген. Зерттеу міндеттері параметрлерін есептеу және таңдау әдістемесін жасау.

Кілтті сөздер: діріл, сорғы қондырғылары, демпферлік құрылғылар, динамикалық жүктеме, шуды азайту, өнеркәсіптік қауіпсіздік, магистральдық сорғылар, тербелістерді азайту,діріл диагностикасы, мұнай-газ өндірісі.

The reliability of pumping units depends significantly on the level of vibration generated during their operation. Also, the operation of these machines in terms of noise (vibration) in the room or at the workplace must meet the requirements of sanitary and hygienic standards. Therefore, research in this direction is relevant. These studies contribute to improving the durability and industrial safety of both mainline pumps and process pumps used in petrochemical and oil and gas production. To reduce fluctuations in the DD, it is proposed to use modern materials that have a significant strength at high compliance, equivalent to the strength of steel. Currently, vibration diagnostics and monitoring are measures that ensure reliability and safety from the consequences of increased vibration of pumping units. However, they do not solve the problems of reducing vibration and reducing failures.

This article presents a study of methods for reducing vibration of pumping units in order to reduce the number of failures due to increased vibration and increase dynamic loads, improve working conditions by reducing noise, vibration and fluid leaks in pumping units. The research objectives are to develop a method for calculating and selecting remote control parameters.

Keywords: vibration, pumping units, damping devices, dynamic load, noise reduction, industrial safety, mainline pumps, vibration reduction, vibration diagnostics, oil and gas production.

МРНТИ 44.01.11

https://doi.org/10.48081/MXNO6299

Б. К. Беккожина, А. В. Демьяненко
Северо – Казахстанский университет имени М. Козыбаева,
Республика Казахстан, г. Петропавловск

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЭНЕРГОЕМКИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ СКО

Эффективное прогнозирование потребления электроэнергии является важной задачей для промышленных предприятий. Однако это может быть достигнуто только в том случае, если предварительные расчеты верны и точны. В статье рассматривается применение одного из классических методов прогнозирования потребления электрической энергии, на примере АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения». К классическим методам прогнозирования относятся методы статистического прогнозирования основанные на корреляционном и регрессионном анализе, так как они учитывают влияние широкого набора входных параметров на выходные прогнозные данные электропотребления.

Ключевые слова: потребление электрической энергии, прогнозирование потребления, классический метод прогнозирования, линейная регрессия, метод экстраполяции.

Введение

Качественный прогноз потребления электрической энергии особенно важен для предприятий, поскольку за превышение заявленной ими мощности на этом отрезке времени они платят штраф или подвергаются принудительному отключению. В предыдущих работах, посвященных вопросам прогнозирования потребления электрической энергии [1–3], рассмотрены различные методы прогнозирования. Однако вопрос сравнения эффективности методов прогнозирования при различных параметрах объемов потребления электрической энергии остаётся открытым. В настоящее время на предприятиях прогноз осуществляется

сотрудником предприятия на основе собственного опыта с использованием простейших арифметических операций. Это не может обеспечить ни достоверность, ни точность прогнозирования, тем более, что современные подходы к экономическому и техническому управлению предъявляют все более жесткие требования к точности решения задач прогнозирования. Использование при прогнозировании математических моделей позволяет строить прогнозы с высокой точностью, сокращает время, затрачиваемое на процесс прогнозирования, а также помогает принимать управленческие решения [4–7].

Материалы и методы

В качестве основных инструментов для изучения процессов изменения различных показателей обычно используются статистические методы. Одним из таких методов является – экстраполяция. Суть этого метода заключается в прогнозировании событий, учитывая анализ показателей, которые имели место в прошлые годы. Он основывается на распространении прошлых и настоящих тенденций, закономерностей, связей на будущее развитие объекта прогнозирования.

Метод экстраполяции применяют, если имеются следующие допущения:

а) период времени, для которого построена функция, должен быть достаточным для выявления тенденции развития;

б) анализируемый процесс является устойчиво динамическим и обладает инерционностью, т.е. для значительных изменений характеристик процесса требуется время;

в) не ожидается сильных внешних воздействий на изучаемый процесс, которые могут серьезно повлиять на тенденцию развития [8].

Результаты и обсуждение

В Северо-Казахстанской области одним из крупных промышленных предприятий является АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения». Мы владеем информацией об их электропотреблении по месяцам с 2016 по 2018 год. Структура потребления электроэнергии АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения» по месяцам за 2016-2018 годы показана на рисунке 1.

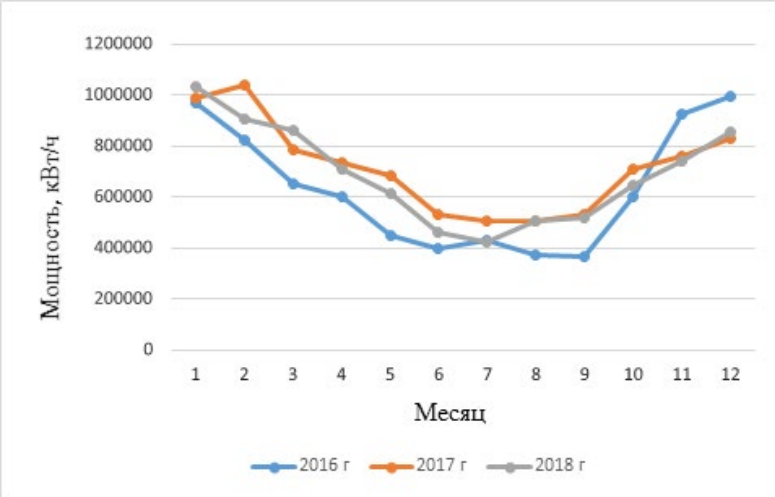


Рисунок 1 – Структура потребления электроэнергии
АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения»
по месяцам за 2016–2018 годы

Отмечается, что потребление электроэнергии увеличилось с 2016 года. Потребление электроэнергии колеблется в течение каждого месяца. Самое низкое значение-в сентябре 2016 года (368627 кВт/ч), а самое высокое-в феврале 2017 года (1037600 кВт/ч). Анализируя временной ряд потребления электроэнергии, можно увидеть, что энергоемкие предприятия сильно подвержены влиянию сезонных факторов в июне, июле и августе. Большое воздействие произошло в июле которое достигло – 30 %, в основном из-за малого заказа в летний период. Темпы роста в феврале составили 15 %, в основном за счет повышения температуры, предприятия используют электроэнергию для использования кондиционеров и других холодильных установок повышения электрической мощности [9].

Построим прогноз потребления электрической энергии на 2018 год и сравним эти данные с уже имеющимися, используя один из методов экстраполяции, основанный на линейной регрессии с помощью программы Excel. В таблице 1 приведены данные по потреблению электрической энергии за 2016–2018 годы по месяцам и прогноз на 2018 год. Кроме того, в таблице 1 приведены верхние и нижние границы отклонений от прогноза, они рассчитываются по методике, предложенной в [10], для того, чтобы гибко запланировать объем потребления электроэнергии на будущие периоды.

Таблица 1 – Потребление и прогноз потребления электрической энергии АО «ПЗТМ» за 2016–2018 годы

№	Период	Объем потребления ээ, кВт/ч	Прогноз	Верхняя граница откл.	Нижняя граница откл.
1	Январь 2016	969380			
2	Февраль 2016	821010			
3	Март 2016	648870			
4	Апрель 2016	600210			
5	Май 2016	449990			
6	Июнь 2016	400780			
7	Июль 2016	427660			
8	Август 2016	375354			
9	Сентябрь 2016	368627			
10	Октябрь 2016	602170			
11	Ноябрь 2016	923300			
12	Декабрь 2016	996910			
13	Январь 2017	986950			
14	Февраль 2017	1037600			
15	Март 2017	787020			
16	Апрель 2017	733140			
17	Май 2017	682920			
18	Июнь 2017	531750			
19	Июль 2017	507330			
20	Август 2017	506470			
21	Сентябрь 2017	532830			
22	Октябрь 2017	706362			
23	Ноябрь 2017	758631			
24	Декабрь 2017	828650			
25	Январь 2018	1031580	1 021 154	1 141 324	900 985
26	Февраль 2018	903830	973 469	1 093 639	853 300
27	Март 2018	859210	754 383	874 552	634 214

28	Апрель 2018	707400	702 894	823 064	582 725
29	Май 2018	613400	599 189	719 359	479 020
30	Июнь 2018	464300	494 877	615 046	374 707
31	Июль 2018	423920	497 799	617 969	377 630
32	Август 2018	505240	471070	591 239	350900
33	Сентябрь2018	518190	483 169	603 338	363 000
34	Октябрь 2018	642230	703 619	823 789	583 450
35	Ноябрь 2018	742900	907 409	1 027 578	787 239
36	Декабрь 2018	854750	988055	1108225	867886

На рисунке 2 приведен график с прогнозными значениями, верхними и нижними границами отклонений от прогноза.

Рисунок 2 – График прогноза и отклонений от прогнозных значений

Используя прогнозные значения, указанные в таблице 1, найдем среднюю арифметическую ошибку по следующей формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{|Y_ф - Y_п|}{Y_ф} \cdot 100 \right]$$

где, $У_ф$ – фактические данные потребления электроэнергии, $У_п$ – прогнозные значения потребления электроэнергии.

Расчетные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные данные относительной ошибки прогноза

Месяцы	Объем потребления, кВт/ч	Прогнозное значение, кВт/ч	Расчет относительной ошибки ε, %
Январь	1031580	1 021 154	1,01
Февраль	903830	973 469	7,7
Март	859210	754 383	12,2
Апрель	707400	702 894	0,6
Май	613400	599 189	2,3
Июнь	464300	494 877	6,5
Июль	423920	497 799	17,4
Август	505240	471070	6,7
Сентябрь	518190	483 169	6,7
Октябрь	642230	703 619	9,5
Ноябрь	742900	907 409	22,1
Декабрь	854750	988055	15,6

Чтобы рассчитать среднюю относительную ошибку просуммируем значения ошибки для каждого месяца и поделим на 12.

Выводы

Таким образом, средняя относительная ошибка будет равна 9,03 %, что свидетельствует о возможности применения данного метода для прогнозирования потребления электроэнергии промышленных предприятий. Разработанный метод прогнозирования электропотребления промышленных предприятий обеспечит прогноз на достаточно длительный период времени (месяц, год) с точностью, необходимой для планирования электропотребления.

Список использованных источников

1 **Беккожина, Б. К.** О методах прогнозирования объемов потребления электрической энергии // «Козыбаевские чтения–2018: Евразийский потенциал и новые возможности развития в условиях глобальных вызовов», г. Петропавловск, 2018. – С. 197–199.

2 **Беккожина, Б. К., Турсунов, Ж. А.** Электр энергиясын тұтыну көлемін жасанды интеллектті қолдану арқылы болжау// «Козыбаевские чтения – 2019 : Духовная модернизация и тенденции развития научно-образовательного

пространства в современном мире», г. Петропавловск, 2019.

3 **Беккожина, Б. К., Демьяненко, А. В., Кошеков, К. Т., Айтулина, А. М.** Обзор методов прогнозирования потребления электрической энергии // Вестник КазНИТУ им.Сатпаева, 2020, № 3 (139), С. 404–407.

4 **Almeshaiei, E., Soltan, H.** A methodology for Electric Power Load Forecasting // Alexandria Engineering Journal (2011) 50, 137–144.

5 **Hammad, M., Jereb, B., Rosi, B., Dragan, D.** Methods and Models for Electric Load Forecasting: A Comprehensive Review // Logistics & Sustainable Transport Vol. 11, No. 1, February 2020, 51–76.

6 **Suksawang, P., Suphachan, S., Kaewnuch, K.** Electricity Consumption Forecasting in Thailand using Hybrid Model SARIMA and Gaussian Process with Combine Kernel Function Technique// International Journal of Energy Economics and Policy ISSN: 2146–4553, 2018, 8(4), 98–109.

7 **Tay, K. G., Choy, Y. Y., Audrey Huong.** Forecasting electricity consumption by multiple linear regression, International Journal of Engineering & Technology, 7 (4) (2018) p.3515–3520.

8 Методы экстраполяции. [Электронный ресурс]. – https://studfile.net/preview/5183316/page:4.

9 **Henry Quesada-Pineda, Jan Wiedenbeck, Brian Bond**. Analysis of electricity consumption: a study in the woodproducts industry, Energy Efficiency (2016) 9:1193–1206.

10 Прогноз продаж в Excel [Электронный ресурс]. – https://www.excel-vba.ru/chto-umeet-excel/prognoz-prodazh-v-excel.

References

1 **Bekkozhina, B. K.** O metodah prognozirovanija ob''emov potreblanija e'lektricheskoj e'nergii [On the methods of forecasting the volume of electricity consumption] // Kozybayev Readings-2018: Eurasian potential and new development opportunities in the context of global challenges, Petropavlovsk, 2018. P. 197–199.

2 **Bekkozhina, B. K., Tursunov, Zh. A.** E'lectr e'nergijasyn tûtynu kôlemin zhasandy intellectti goldanu argyly bolzhau // Kozybayev readings – 2019: [Spiritual modernization and development trends of the scientific and educational space in the modern world]. – Petropavlovsk, 2019.

3 **Bekkozhina B. K., Demyanenko A. V., Koshekov K. T., Aytulina A. M.** Obzor metodov prognozirovanija potreblaniya e'lektricheskoj e'nergii [Review of methods for forecasting the consumption of electrical energy] // Bulletin of KazNRTU named after Satpayev, 2020, No. 3 (139), P. 404–407.

4 **Almeshaiei, E., Soltan, H.** A methodology for Electric Power Load Forecasting // Alexandria Engineering Journal (2011) 50, 137–144.

5 **Hammad, M., Jereb, B., Rosi, B., Dragan, D.** Methods and Models for Electric Load Forecasting: A Comprehensive Review // Logistics & Sustainable Transport Vol. 11, No. 1, February 2020, 51–76.

6 **Suksawang, P., Suphachan, S., Kaewnuch, K.** Electricity Consumption Forecasting in Thailand using Hybrid Model SARIMA and Gaussian Process with Combine Kernel Function Technique// International Journal of Energy Economics and Policy ISSN: 2146–4553, 2018, 8(4), 98–109.

7 **Tay, K. G., Choy, Y. Y., Audrey Huong.** Forecasting electricity consumption by multiple linear regression, International Journal of Engineering & Technology, 7 (4) (2018) p.3515–3520.

8 Metody e'kstrepolyacii. Extrapolation methods. [Electronic resource]. – https://studfile.net/preview/5183316/page:4/;

9 **Henry Quesada-Pineda, Jan Wiedenbeck, Brian Bond**. Analysis of electricity consumption: a study in the woodproducts industry, Energy Efficiency (2016) 9:1193–1206.

10 Prognoz prodaž v v Excel. Sales forecast in Excel [Electronic resource]. – https://www.excel-vba.ru/chto-umeet-excel/prognoz-prodazh-v-excel.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Б. К. Беккожина, А. В. Демьяненко

Энергияны көп жұмсайтын кәсіпорынның электр энергиясын тұтынуын болжау үшін классикалық әдістерді қолдану

М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

B. Bekkozhina, A. Demyanenko

Application of classical methods for forecasting the consumption of electric energy in an energy intensive enterprise

Manash Kozybayev North Kazakhstan University,
Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk.
Material received on 11.12.20.

Электр энергиясын тұтынуды тиімді болжау - бұл өнеркәсіптік кәсіпорындар үшін маңызды міндет. Алайда бұған алдын-ала есептеулер дұрыс және нақты болған жағдайда ғана қол жеткізуге болады. Мақалада «Петропавл ауыр машина жасау зауыты» АҚ мысалында электр энергиясын тұтынуды болжаудың классикалық әдістерінің бірін қолдану туралы айтылады. Классикалық болжау әдістері корреляцияға және регрессиялық талдауға негізделген статистикалық болжау әдістерін қамтиды, өйткені олар электр энергиясын тұтынудың шығыс болжамдық мәліметтеріне кіріс параметрлерінің кең спектрінің әсерін ескереді.

Кілтті сөздер: электр энергиясын тұтыну, тұтынуды болжау, болжаудың классикалық әдісі, сызықты регрессия, экстраполяция әдісі.

Effectively predicting electricity consumption is an important task for industrial enterprises. However, this can only be achieved if the preliminary calculations are correct and accurate. The article discusses the use of one of the classical methods of forecasting the consumption of electrical energy, on the example of JSC «Petropavlovsk Heavy Machine Building Plant». The classical forecasting methods include statistical forecasting methods based on correlation and regression analysis, since they take into account the influence of a wide set of input parameters on the output forecast data of power consumption.

Keywords: electricity consumption, consumption forecasting, classical forecasting method, linear regression, extrapolation method.

МРНТИ 50.03.03

https://doi.org/10.48081/DRYS4726

М. А. Бейсенби, С. О. Ахметова, Н. М. Кисикова, А. Темирбек
Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

УПРАВЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВИМИ РЕЖИМАМИ ОБЪЕКТОВ С M ВХОДАМИ И С N ВЫХОДАМИ В КЛАССЕ КАТАСТРОФ «ЛАСТОЧКИН ХВОСТ» N

В статье излагается метод построения и исследования систем управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости линейными динамическими объектами с неопределенными параметрами в классе катастроф ласточкин хвост. Показано, что система управления m-входами и n-выходами с повышенным потенциалом робастной устойчивости обеспечивает устойчивость при любых изменениях неопределенных параметров.

Ключевые слова: система управления, градиентно-скоростной метод, вектор-функции Ляпунова, с одним входом, с одним выходом, робастная устойчивость, режим неустойчивости.

Введение

В настоящее время, актуальной проблемой является создание системы управления, обеспечивающей в некотором смысле гарантированно наилучшую защиту от неопределенности в знании свойств системы управления [1, 2, 3, 4, 5]. В известной постановке [6, 7, 8], исследование системы на робастную устойчивость состоит в указании ограничений на изменение параметров в рамках линейного принципа устойчивости [6, 8 , 9].

В настоящее время общепризнано, что одним из основных свойств в линейных динамических объектов является порождение режима «неустойчивости» и потеря управляемости объекта в условиях неопределенности. Следует отметить, что неустойчивости в системах управления порождается в результате выхода неопределенных параметров системы за границы робастной устойчивости [1, 2, 6, 7].

В связи с этим, в условиях большой неопределенности предлагается разработать метод построения систем управления гарантированной защитой от режима «неустойчивости» в классе катастроф ласточкин хвост [10, 11]. Система

управления с увеличенным потенциалом робастной устойчивости исследуется градиентно – скоростным методом вектор – функции Ляпунова. [1, 12] показано, что система управления становятся устойчивой при любых изменениях неопределенных параметров и это гарантированно может защитить от режима «неустойчивости» в системах управления объектами с m-входами и n-выходами.

Пусть система управления с m – входами и с n – выходами описывается уравнением [6,13]:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu, x \in R^n, u \in R^m \tag{1}$$

где $x(t) \in R^n$ – вектор состояние системы управления; $u(t) \in R^m$ – вектор-функция управляющих воздействии, $A \in R^{n \times n}$ матрица объекта управления размерности $n \times n, B \in R^{m \times n}$ – матрица управления размерности $m \times n$;

Пусть матрицы А и В имеют следующий вид:

$$A = \begin{Vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & ,..., & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & ,..., & a_{2n} \\ .a_{31} & a_{32} & a_{33} & ,..., & a_{3n} \\ ... & ... & ... & ... & ... \\ a_{n_1} & a_{n_2} & a_{n_3} & ,..., & a_{nn} \end{Vmatrix}, \qquad B = \begin{Vmatrix} b_{11} & 0 & 0 & ,..., & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 & ,..., & 0 \\ .0 & 0 & b_{33} & ,..., & 0 \\ ... & ... & ... & ... & ... \\ 0 & 0 & 0 & ,..., & b_{nn} \end{Vmatrix}$$

Закон управления задан в форме трех параметрических структурно устойчивых отображений (катастрофа ласточкин хвост) [10,11]:

$$u_i(t) = -\frac{1}{5}x_i^5 - \frac{1}{3}k_i^{\,1}x_i^3 - \frac{1}{2}k_i^{\,2}x_i^2 + k_i^{\,3}x_i, i = 1,...,n \tag{2}$$

Система (1) с учетом закона управления (2) в развернутой форме записывается

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -\frac{1}{5}b_{11}x_1^5 - \frac{1}{3}b_{11}k_1^1x_1^3 - \frac{1}{2}b_{11}k_1^2x_1^2 + (a_{11} + b_{11}k_1^3)x_1 + a_{12}x_2 +,..., a_{1n}x_n \\ \frac{dx_2}{dt} = a_{21}x_1 - \frac{1}{5}b_{22}x_2^5 - \frac{1}{3}b_{22}k_2^1x_2^3 - \frac{1}{2}b_{22}k_2^2x_2^2 + (a_{22} + b_{22}k_2^3)x_2 +,..., a_{2n}x_n \\ ..... \\ \frac{dx_n}{dt} = a_1x_1 + a_{n2}x_2 +,...,-\frac{1}{5}b_{nn}x_n^5 - \frac{1}{3}b_{nn}k_n^1x_n^3 - \frac{1}{2}b_{nn}k_n^2x_n^2 + (a_{nn} + b_{nn}k_n^3)x_n \end{cases} \tag{3}$$

Установившиеся состояния системы (3) определяется решениями уравнений:

$$\begin{cases} -\frac{1}{5}b_{11}x_1^5 - \frac{1}{3}b_{11}k_1^1x_1^3 - \frac{1}{2}b_{11}k_1^2x_1^2 + (a_{11} + b_{11}k_1^3)x_1 + a_{12}x_2 +,..., a_{1n}x_n = 0 \\ a_{21}x_1 - \frac{1}{5}b_{22}x_2^5 - \frac{1}{3}b_{22}k_2^1x_2^3 - \frac{1}{2}b_{22}k_2^2x_2^2 + (a_{22} + b_{22}k_2^3)x_2 +,..., a_{2n}x_n = 0 \\ ..... \\ a_1x_1 + a_{n2}x_2 +,...,-\frac{1}{5}b_{nn}x_n^5 - \frac{1}{3}b_{nn}k_n^1x_n^3 - \frac{1}{2}b_{nn}k_n^2x_n^2 + (a_{nn} + b_{nn}k_n^3)x_n = 0 \end{cases} \tag{4}$$

Из (4) можно получить стационарные состояния [10,11]:

$$x_{1s}^1 = 0, x_{2s}^1 = 0, x_{3s}^1 = 0,..., x_{ns}^1 = 0, \tag{5}$$

$$x_{iS}^2 = \sqrt[4]{\frac{1}{4}(a_{ii} + k_i^3)}, k_i^2 = 6\left(\sqrt[4]{\frac{1}{4}(a_{ii} + k_i^3}\right)^3, k_i^1 = \sqrt{\frac{1}{4}(a_{ii} + k_i^3)}, i = 1,...,n \tag{6}$$

и

$$x_{iS}^3 = -\sqrt[3]{\frac{k_i^2}{6}}, \lambda = \sqrt[3]{\frac{k_i^2}{6}}, ki = \left(\sqrt[3]{\frac{k_i^2}{6}}\right)^2, (a_{ii} + b_{ii}k_i^3) = -4\left(\sqrt[3]{\frac{k_i^2}{6}}\right)^4 \quad i = 1,...,n \tag{7}$$

Исследуем устойчивость стационарного состояния (5). Из уравнения состояния (3) определяется компоненты вектора градиентов вектор функции Ляпунова $V(x) = (V_1(x)\ V(x),...,V_n(x)$:

$$\frac{\partial V_i(x)}{\partial x_1} = -a_{i1}x_1, \frac{\partial V_i(x)}{\partial x_2} = -a_{i2}x_2,..., \frac{\partial V_i(x)}{\partial x_i} = \frac{1}{5}b_i x_i^5 + \frac{1}{3}b_i k_i^1 x_i^3 + \frac{1}{2}b_i k_i^2 x_i^2 - (a_i + b_i k_i^3)x_i$$

$$\frac{\partial V_i(x)}{\partial x_{i+1}} = -a_{i,i+1}x_{i+1},..., \frac{\partial V_i(x)}{\partial x_n} = a_n x_n, i = 1,...,n: \tag{8}$$

Из (3) определяем компонентов разложение вектора скорости по координатам

$$\left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{x1} = -a_{i1}x_1, \left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{i2} = -a_{i2}x_2, ..., \left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{xi} = -\frac{1}{5}b_{ii}x_i^5 - \frac{1}{3}b_{ii}k_i^1x_i^3 - \frac{1}{2}b_{ii}k_i^2x_i^2 - (a_{ii} + b_{ii}k_i^3)x_i,$$

$$\left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{x_{i+1}} = -a_{i,i+1}x_{i+1}, ..., \left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{xn} = a_{in}x_n, i = 1, ..., n \quad (9)$$

Вычисляем полную производную по времени от вектор-функции Ляпунова, как скалярное произведение вектора градиента (8) на вектор скорости (9) [1,2,3,4].

$$\frac{dV(x)}{dt} = \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial V_i(x)}{\partial x_j}\left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{xj}\right) = \sum_{i=1}^{n} -(a_{i1}x_1)^2 - (a_{i2}x_2)^2 - ,...,-(\frac{1}{5}b_{ii}x_i^5 + \frac{1}{3}b_{ii}k_i^1x_i^3 +$$

$$+\frac{1}{2}b_{ii}k_i^2x_i^2 - (a_{ii} + b_{ii}k_i^3)x_i)^2 - (a_{i,i+1}x_{i+1})^2 - ,...,-(a_{in}x_n)^2 \quad (10)$$

Из (10) очевидно, что полная производная по времени от вектор-функции Ляпунова является гарантированно знако-отрицательной функцией, т.е. достаточное условие асимптотической устойчивости по Ляпунову для системы.

(3) гарантированно выполняются. По градиенту искомой вектор-функции Ляпунова (8) строим вектор-функции Ляпунова скалярной форме, для нахождения условия существование этой вектор–функций. Или вектор функции Ляпунова в скалярной форме можем переписать в виде:

$$V(x) = \frac{1}{30}b_{11}x_1^6 + \frac{1}{12}b_{11}k_1^1x_1^4 + \frac{1}{6}b_{11}k_1^2x_1^3 - \frac{1}{2}(a_{11} + b_{11}k_1^3)x_1^2 - \frac{1}{2}a_{12}x_2^2 - \frac{1}{2}a_{13}x_3^2 - ,...,-$$
$$-\frac{1}{2}a_{1n}x_n^2 + \frac{1}{30}b_{22}x_2^6 + \frac{1}{12}b_{22}k_2^1x_2^4 + \frac{1}{6}b_{22}k_2^2x_2^3 - \frac{1}{2}(a_{22} + b_{22}k_2^3)x_2^2 - \frac{1}{2}a_{21}x_1^2 - \frac{1}{2}a_{23}x_3^2 - ,...,-$$
$$-\frac{1}{2}a_{2n}x_n^2 - ,...,-\frac{1}{2}a_{n1}x_1^2 - \frac{1}{2}a_{n2}x_2^2 - \frac{1}{2}a_{n3}x_3^2 - ,...,+\frac{1}{30}b_{nn}x_n^6 + \frac{1}{12}b_{nn}k_n^1x_n^4 + \frac{1}{6}b_{nn}k_n^2x_n^3 - \quad (11)$$
$$-\frac{1}{2}(a_{nn} + b_{nn}k_n^3)x_n^2.$$

Условия положительной или отрицательной определенности функции (11) неочевидно, поэтому воспользуемся леммой Морса из теории катастроф [10, 11] и согласно лемме Морса функций Ляпунова (11) можем представить в виде квадратичной формы:

$$V(x) = \left[(a_{11} + b_{11}k_1^3) + a_{21} + a_{31} + ,...,+a_{n1}\right]x_1^2 - \left[a_{12} + (a_{22} + b_{22}k_2^3) + a_{32} + ,...,+a_{n2}\right]x_2^2 -$$
$$-,...,-\left[a_{1n} + a_{2n} + a_{3n} + ,...,+(a_{nn} + b_{nn}k_n^3)\right]x_n^2, \quad (12)$$

Положительная определенность квадратичной формы (12) или необходимое условие асимптотической устойчивости стационарного состояния (5) определяется системой неравенств:

$$\begin{cases} a_{11} + b_{11}k_1^3 + a_{21} + a_{31} + ,...,+a_{n1} < 0 \\ a_{12} + a_{22} + b_{22}k_2^3 + a_{32} + ,...,+a_{n2} < 0 \\ ..... \\ a_{1n} + a_{2n} + a_{3n} + ,....,+a_{nn} + b_{nn}k_n^3 < 0 \end{cases} \quad (13)$$

Следует отметить, что при выполнений системы неравенств (13) стационарное состояние (5) будет существовать и является устойчивой. При условиях нарушения этих неравенств (13), появляются новые стационарные состояний (6), (7). Стационарные состояний (5) и (6), (7) одновременно не существует это результатами теории катастроф доказано [10, 11] стационарные состояний (6), (7) существует и появляются при потере устойчивости стационарного состояния (5). Такое замечательное свойство структурно-устойчивых отображений из теории катастроф используется для расширения области робастной устойчивости системы управления в условиях параметрической неопределенности.

Исследуем устойчивость стационарного состояние (6) градиентно-скоростным методом вектор функции Ляпунова. Стационарные состояния (6) лежит на поверхности сепаратисты [10, 11]. Для исследования систему (3) представляем в отклонениях относительно стационарного состояния (6)

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -\frac{b_{11}}{5}x_1^5 - b_{11}\sqrt[4]{\frac{a_{11}+b_{11}k_1^3}{4}}x_1^4 - 2b_{11}\sqrt{\frac{a_{11}+b_{11}k_1^3}{4}}x_1^3 - b_{11}(k_1^3 + a_{11}/b_{11})x_1 - \\ -6b_{11}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{11}+b_{11}k_1^3}{4}}\right)^3 x_1^2 + a_{12}x_2 + ,....., + a_{1n}x_n \\ \frac{dx_2}{dt} = -\frac{1}{5}b_{22}x_2^5 - b_{22}\sqrt[4]{\frac{a_{22}+b_{22}k_2^3}{4}}x_2^4 - 2b_{22}\sqrt{\frac{a_{22}+b_{22}k_2^3}{4}}x_2^3 - 6b_{22}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{22}+b_{11}k_2^3}{4}}\right)^3 x_2^2 - \\ -b_{22}(k_2^3 + \frac{a_{22}}{b_{22}}) + a_{23}x_3 + ,....., + a_{2n}x_n, \\ ..... \\ \frac{dx_n}{dt} = a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + ,....., -\frac{1}{5}b_{nn}x_n^5 - b_{nn}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{nn}+b_{nn}k_n^3}{4}}\right)^3 x_n^4 - 2b_{nn}\sqrt{\frac{a_{nn}+b_{nn}k_n^3}{4}}x_n^3 - \\ -6b_{nn}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{nn}+b_{nn}k_n^3}{4}}\right)x_n^2 - b_{nn}(k_n^3 + \frac{a_{nn}}{b_{nn}})x_n, \end{cases} \quad (14)$$

Определяем компонентов вектора градиентов от вектора функции Ляпунова $V(x) = (V_1(x),...,V_n(x)$ из уравнений состояния (14):

$$\begin{cases} \frac{\partial Vi(x)}{\partial x_1} = -a_{i1}x_1, \frac{\partial V_i(x)}{\partial x_2} = -a_{i2}x_2, ..., \frac{\partial V_i(x)}{\partial x_i} = \frac{1}{5}b_{ii}x_i^5 + b_{ii}\sqrt[4]{\frac{a_{ii}+b_{ii}k_i^3}{4}}x_i^4 \\ + 2b_{ii}\sqrt[4]{\frac{a_{ii}+b_{ii}k_i^3}{4}}x_i^3 + 6b_{ii}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{ii}+b_{ii}k_i^3}{4}}\right)^3 x_i^2 + b_{ii}(k_i^3 + \frac{a_{ii}}{b_{ii}})x_i, \\ \frac{\partial V_i(x)}{\partial x_{i+1}} = -a_{i,i+1}x_{i+1}, ..., \frac{\partial V_i(x)}{\partial x_n} = -a_{in}x_n, i = 1,....,n \end{cases} \quad (15)$$

Из (14) определяем разложение компонентов вектора скорости по координатам системы:

$$\begin{cases} \left(\frac{dx_1}{dt}\right)_{xi} = a_{i1}x_1, \left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{x_3} = a_{i2}x_2, ..., \left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{x_i} = x_3, ..., \left(\frac{dx_{n-1}}{dt}\right)_{x_n} - \frac{1}{5}b_{ii}x_i^5 - b_{ii}\sqrt[4]{\frac{a_{ii}+b_{ii}k_i^3}{4}}x_i^4 - \\ -2b_{ii}\sqrt{\frac{a_{ii}+b_{ii}k_i^3}{4}}x_i^3 - 6b_{ii}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{ii}+b_{ii}k_i^3}{4}}\right)^3 x_i^2 - b_{ii}(k_i^3 - \frac{a_{ii}}{b_{ii}})x_i, \\ \left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{i1} = a_{i,i+1}x_{i+1}, ..., \left(\frac{dx_i}{dt}\right)_{x_n} = a_{in}x_n, i = 1,...,n \end{cases} \quad (16)$$

Вычисляется полные производные по времени от вектор – функции Ляпунова, как скалярное произведение вектора градиента (16) на вектор скорости (16):

$$\frac{dV(x)}{dt} = \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial V_i(x)}{\partial x_j}\left(\frac{dx_i}{dt}\right)\right) =$$

$$\sum_{i=1}^{n}\{-(a_{i1}x_1)^2 - (a_{i2}x_2)^2 - ,...., -\left[\left(\frac{1}{5}b_{ii}x_i^5 + b_{ii}\sqrt[4]{\frac{a_{ii}+b_{ii}k_i^3}{4}}\right)x_i^4 + 2b_{ii}\sqrt{\frac{a_{ii}+b_{ii}k_i^3}{4}}x_i^3 + 6b_{ii}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{ii}+b_{ii}k_i^3}{4}}\right)x_i^2 + b_{ii}(k_i^3 + \frac{a_{ii}}{b_{ii}})x_i\right]^2 -$$

$$-(a_{i,i+1}x_{i+1})^2 - ,...., -(a_{i,n}x_n)^2\}, i = 1,...,n \quad (17)$$

Из (17) очевидно, что полная производная по времени от вектор - функции Ляпунова является знакоотрицательной функцией. Теперь требуется получить необходимое условия существования функций Ляпунова с известным градиентом. По градиенту (15) построим вектор – функции Ляпунова в скалярной форме:

$$V(x)=\frac{1}{30}b_{11}x_1^6+\frac{1}{5}b_{11}\sqrt[4]{\frac{a_{11}+b_{11}k_1^3}{4}}x_1^5+\frac{1}{2}b_{11}\sqrt{\frac{a_{11}+b_{11}k_1^3}{4}}x_1^4+2b_{11}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{11}+b_{11}k_1^3}{4}}\right)^3x_1^3+$$
$$+\frac{1}{2}b_{11}(k_1^3+\frac{a_{11}}{b_{11}})x_1-\frac{1}{2}a_{12}x_2^2-\frac{1}{2}a_{13}x_3^2-,...,-\frac{1}{2}a_{1n}x_n^2-\frac{1}{2}a_{21}x_1^2+$$
$$+\frac{1}{30}b_{22}x_2^6+\frac{1}{5}b_{22}\sqrt[4]{\frac{a_{22}+b_{22}k_2^3}{4}}x_2^5+\frac{1}{2}b_{22}\sqrt{\frac{a_{22}+b_{22}k_2^3}{4}}x_2^4+2b_{22}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{22}+b_{22}k_2^3}{4}}\right)^3x_2^3+$$
$$+\frac{1}{2}b_{22}(k_2^3+\frac{a_{22}}{b_{22}})x^2-\frac{1}{2}a_{23}x_3^2-,...,-\frac{1}{2}a_{2n}x_n^2-,....,-\frac{1}{2}a_{n1}x_1^2-\frac{1}{2}a_{n2}x_2^2-\frac{1}{2}a_{n3}x_3^2-,...,+$$
$$+\frac{1}{30}b_{nn}x_n^6+\frac{1}{5}b_{nn}\sqrt{\frac{a_{nn}+b_{nn}k_n^3}{4}}x_n^5+\frac{1}{2}b_{nn}\sqrt{\frac{a_{nn}+b_{nn}k_n^3}{4}}x_n^4+2b_{nn}\left(\sqrt[4]{\frac{a_{nn}+b_{nn}k_n^3}{4}}\right)^3x_n^3+$$
$$+\frac{1}{2}b_{nn}(k_n^3+\frac{a_{nn}}{b_{nn}})x_n, \qquad (18)$$

Функция (18) в начале координат обращается в нуль, является непрерывно дифференцируемой функцией и имеет слагаемые в виде переменных с нечетными степенями, т.е. условия положительной определенности не очевидно. Поэтому, на основании леммы Морса из теории катастроф [10, 11], функцию (18) представляем в виде квадратичной формы:

$$V(x)=\frac{1}{2}\left[(a_{11}+k_1^3b_{11})-a_{21}-a_{31}-,...,-a_{n1}\right]x_1^2+\frac{1}{2}\left[-a_{12}+(a_{22}+k_2^3b_{22})-a_{32}-,...,-a_{2n}\right]x_2^2+$$
$$+,...,+\frac{1}{2}\left[-a_{1n}-a_{2n}-a_{3n}-,...,+(a_{nn}+k_n^3b_{nn})\right]x_n^2, \qquad (19)$$

Из (18) положительная определенность вектор функции Ляпунова (условия существования функций Ляпунова) задаются неравенствами:

$$\begin{cases} b_{11}k_1^3-a_{11}-a_{21}-a_{31}-,....,-a_{n1}>0 \\ b_{22}k_2^3-a_{12}-a_{22}-a_{32}-,....,-a_{n2}>0 \\ b_{33}k_3^3-a_{13}-a_{23}-a_{33}-,...,-a_{n3}>0 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ b_{nn}k_n^3-a_{1n}-a_{2n}-a_{3n}-,...,-a_{nn}>0 \end{cases} \qquad (20)$$

Таким образом система управления (3) обеспечивает устойчивость системы при любых изменениях неопределенных параметров системы.

При отрицательных значениях параметров существует и будет устойчивой стационарное состояния (5). Если нарушается система неравенств (13) появляется новое стационарное состояние (6) и это стационарное состояние существует и также является устойчивыми при выполнении системы неравенств (20).

Выводы

Способность системы управления сохранять устойчивость в условиях параметрической неопределенности в ограниченной области понимается как робастная устойчивость системы. В общей постановке исследование системы на робастную устойчивость состоит в указании ограничений на изменение параметров системы управления в ограниченной области и не гарантирует режимы «неустойчивости» при больших параметрических неопределенностях в системе.

В практических задачах, связанных с разработкой и созданием систем управления в условиях существенной параметрической неопределенности, создание систем управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости является одним из ключевых факторов, гарантирующих системе управления от режима «неустойчивости». В связи с этим в статье предлагается метод построения системы управления в классе, катастроф ласточкин хвост и исследование их градиентно – скоростным методом вектор – функции Ляпунова.

Показано, что система управления обладает гарантированно широкой областью робастной устойчивости и исключает порождение режима «неустойчивости», т.е. система управления m-входами и n-выходами становится устойчивой при любых изменениях неопределенных параметров.

Список использованных источников

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

2 **Бейсенби, М., Ускенбаева, Г.** Конструкторские и исследовательские летательные аппараты с высоким потенциалом робастной системы контроля устойчивости в виде однопараметрического структурно-устойчивого отображения. Научно-исследовательский журнал прикладных наук, техники и технологий. V (12), № 5, 2016. – С. 599–605.

3 **Бейсенби, М., Ермекбаева, Ю., Шукирова, А., Шакирова, Р.** Проектирование систем управления с повышенным потенциалом для модели самолета. Journallndian Journal of Science and Technology, V (8), № 32 б. – 2015.

4 **Бейсенби, М., Сатыбалдина, Д., Абдрахманова, Л.** Исследование системы с высоким потенциалом робастной устойчивости с помощью функции Ляпунова. Конференция по контролю, инженерии и информационным технологиям (CEIT`14), Сусс, Тунис. Труды IPCO. – 2014. – С. 140–145.

5 **Бейсенби, М., Мукатаев, Н.** Метод второй функции Ляпунова для построения системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости в классе катастроф «Гиперболическая омбилика». Прикладная механика и материалы. 2015, V.799-800, P. 1132-1136, ISSN 1662-7482, 1660-9336.

6 **Поляк, Б. Т., Щербаков, П. С.** Робастная устойчивость и управление – М. : Наука, 2022. – 303 с.

7 **Дорато, П., Ведевалли,** Последние достижения в области надежного управления – Нью-Йорк : IEE Press, 1990.

8 **Кунцевич, В. М**. Управление в условиях неопределенности. Гарантирование результаты в задачах управления и идентификации, 2007. – 620 с.

9 Справочник по теории автоматического управления || Под ред. А. А. Красовского. – М. : физ.-мат.лит., 1987. – 712 с.

10 **Гилмор, Р.** Прикладная теория катастроф. В 2 – х томах. Т. 1. – М. : Мир, 1984.

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

12 **Бейсенби, М., Ускенбаева, Г.** Новый подход к созданию робастной стабилизации для линейной системы управления. Междунар. Конф. по достижениям в электронике и электротехнике - AEET 2014, стр. 11-18. 2014.

13 **Андриевский, Б. Р., Фрадков, А. Л.** Избранные главы теории автоматического управлния с примерами на языке MATLAB – СПб. : Наука, 2000. – 475 с.

References

1 **Bejsenbi, M. A.** Issledovanie robastnoj ustojchivosti sistem avtomaticheskogo upravleniya metodom funkcii A. M. Lyapunova. [Beisenbi, M. A. Investigation of robust stability of automatic control systems by the method of A. M. Lyapunov function]. – Astana, 2015. – 204 p.

2 **Beisenbi, M., Uskenbayeva, G**. Construction and Research Aircraft High Potential of Robust Stability Control System in the Form of Single – parameter Structurally Stable Mapping. Research Journal of AppliedSciences, Engineering and Technology. [Bejsenbi, M., Uskenbaeva, G. Konstruktorskie i issledovatel'skie letatel'nye apparaty s vysokim potencialom robastnoj sistemy kontrolya ustojchivosti v vide odnoparametricheskogo strukturno-ustojchivogo otobrazheniya. Nauchno-

issledovatel'skij zhurnal prikladnyh nauk, tekhniki i tekhnologij]. V (12), № 5, P. 599–605.

3 **Bejsenbi, M., Ermekbaeva, Y. U., Shukirova, A., Shakirova, R.** Proektirovanie sistem upravleniya s povyshennym potencialom dlya modeli samoleta. Journallndian Journal of Science and Technology. [Beisenbi M., Yermekbayeva J., Shukirova A., Shakirova R. Desing of Control Systems with the Increased Potential for Aircraft Model. Journallndian Journal of Science and Technology]. – V (8), № 32 б. – 2015.

4 **Beisenbi, M., Satibaldina, D., Abdrahmanova, L.** Research of System with a High Potential For robust Stability by Lyapunov Function. Conference on Control, Engineering and Information Technology (CEIT`14), Sousse, Tunisia. Proceedings of IPCO. [Bejsenbi M., Satybaldina D., Abdrahmanova L. Issledovanie sistemy s vysokim potencialom robastnoj ustojchivosti s pomoshch'yu funkcii Lyapunova. Konferenciya po kontrolyu, inzhenerii i informacionnym tekhnologiyam (CEIT`14), Suss, Tunis. Trudy IPCO]. – P. 140–145, 2014.

5 **Bejsenbi, M., Mukataev, N.** Metod vtoroj funkcii Lyapunova dlya postroeniya sistemy upravleniya s povyshennym potencialom robastnoj ustojchivosti v klasse katastrof «Giperbolicheskaya ombilika». Prikladnaya mekhanika i materialy. [Beisenbi M., Mukataev N. The second Lyapunov function method ib construction of control system with the increased potential of robust stability in the class of catastrophes «Hyperbolic umbilic». Applied mechanics and materials]. – 2015, V.799-800, P. 1132-1136, ISSN 1662-7482, 1660-9336.

6 **Polyak, B. T., SHCHerbakov, P. S.** Robastnaya ustojchivost' i upravlenie. [Polyak B. T., Shcherbakov P. S. Robust stability and control]. – Moscow : Nauka, P. 2022. – 303.

7 **Dorato, P., Vedevalli,** Poslednie dostizheniya v oblasti nadezhnogo upravleniya. [Dorato P., Vedevalli Recent Advances in Robust Control]. – New York: IEE press 1990.

8 **Kuncevich, V. M.** Upravlenie v usloviyah neopredelennosti. Garantirovanie rezul'taty v zadachah upravleniya i identifikacii. [Kuntsevich V. M. Management under uncertainty. Guaranteeing results in control and identification problems]. – P. 2007. – 620.

9 Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravleniya || Pod red. A. A. Krasovskogo. [Handbook of automatic control theory // ed. by A. A. Krasovsky]. M. : Phys. – math. lit., 1987. – 712 p.

10 **Gilmor, R.** Prikladnaya teoriya katastrof. [Gilmore R. Applied theory of catastrophes]. In 2 volumes. Vol. 1. – Moscow : Mir, 1984.

11 **Poston, T., Styuart, I.** Teoriya katastrof i ee prilozheniya. [Poston T., Stewart I. Theory of catastrophes and its applications]. Moscow : Nauka, 2001, No. 6.

12 **Bejsenbi, M., Uskenbaeva, G.** Novyj podhod k sozdaniyu robastnoj stabilizacii dlya linejnoj sistemy upravleniya. Mezhdunar. Konf. po dostizheniyam v elektronike i elektrotekhnike. [Beisenbi M., Uskenbayeva G. The New Approach of Desing Robust Stabilit for Linear Control System. Of the Intl. Conf. on Advances in Electronics and Electrical Technology]. – AEET 2014. – P. 11–18.

13 **Andrievskij, B. R., Fradkov, A. L.** Izbrannye glavy teorii avtomaticheskogo upravlniya s primerami na yazyke MATLAB. [Andrievsky B. R., Fradkov A. L. Selected chapters of the theory of automatic control with examples in MATLAB] – SPb. : Nauka, 2000. – P. 475.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

М. А. Бейсенби, С. О. Ахметова, Н. М. Кисикова, А. Темирбек

«Қарлығаштың құйрығы» апат классында М кірістерімен N шығысы бар объектілердің тұрақсыз режимдерін басқаруды жүргізу

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

M. A. Beisenbi, S. O. Akmetova, N. M. Kisikova, A. Temirbek

Control of unstable modes of objects with M inputs and with N outputs in the dovetail catastrophe class

Eurasian National University, L. N. Gumilyov,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 11.12.20.

Мақалада апаттар класында белгісіз параметрлері бар сызықтық динамикалық объектілермен робасты орнықтылықтың жоғары потенциалы бар басқару жүйелерін құру және зерттеу әдісі баяндалады ласточкин хвост. М-кіріс және N-шығуларды басқару жүйесі робасты орнықтылықтың жоғары әлеуеті бар, белгісіз параметрлердің кез келген өзгерістері кезінде орнықтылықты қамтамасыз етеді.

Кілтті сөздер: басқару жүйесі, градиентті-жылдамдық әдісі, Ляпунов векторы-функциясы, бір кірумен, бір шығумен, робасты тұрақтылық, тұрақсыздық режимі.

The article describes a method for constructing and studying control systems with increased robust stability potential by linear dynamic objects with indefinite parameters in the dovetail catastrophe class. It is shown that the control system of M-inputs and N-outputs with an increased robust stability potential provides stability for any changes in uncertain parameters.

Keywords: control system, gradient-speed method, Lyapunov vector functions, with one input, with one output, robust stability, instability mode.

SRSTI 44.29.29

https://doi.org/10.48081/WDDO6475

S. S. Bitimanova[1], A. A. Abdildaeva[2]

[1] L. N. Gumilyov Eurasion National University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[2] Institute of Information and Technologies CS MES RK,
Republic of Kazakhstan, Almaty

ALGORITHM FOR OPTIMAL CONTROL OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

This paper provides information about the current state of the energy system in Kazakhstan. Also, analyzing the technical condition of the structure of the Kazakhstan electro power station, a mathematical model for complex power systems is developed. Algorithms of control with Adams-Bashforth multistep method are developed. There has been conducted the analysis and assessment of significant factors affecting the forecasted dynamics of electric power consumption, built based on multivariate regression and cointegration models.

Keywords: electric power industry, power system, mathematical model.

Introduction

Currently, a series of processes is present that change the most important physical parameters of the power system. Predominantly, it is interconnection of electricity grids, distributed power generation and infrastructure aging. Since the original power systems were designed and built without taking into account these changes, now it is required to ensure their efficiency in new and changing conditions. The primary task, however, remains the same: controlling the power flow from suppliers to consumers and maintaining the stability of the power system. Therefore, one of the most important problems in the power sector is to establish control systems to ensure long-term stability of the system, since the loss of stability may result in economic losses and devastating damage to the power system.

Object of research: electric power systems.

Subject of research: modern methods of electric power systems management.

Aim: Methods of mathematical optimization (algorithmic) have been used for many years for many tasks of planning, operation and control of power

systems. The mathematical formulations of real problems are derived under certain assumptions, and even under these assumptions, the solution of large-scale power systems is not simple. On the other hand, there are many uncertainties in the power system problems, because the grid systems are large, complex and geographically widely distributed.

Table 1 – Electric power generation in Kazakhstan, million kWh [1]

The structure of power generation	Electricity production by year					
	2014 y.	2015 y.	2016 y.	2017 y.	2018 y.	2019 y.
Thermal power station	78772,9	74091,8	74702,8	82424,8	86795,1	88625,2
Gas turbine power station	6915,8	7279,5	7407,6	8372,6	9119,3	9367,0
Hydroelectricity	8235,8	9250,3	11605,9	11157,9	10343,0	10412,0
Wind farm, Solar power station	10,6	175	360,2	428,3	539,7	579,9
Total	93935,2	90796,6	94076,5	102383,6	106797,1	108984,1

With the expansion of the power station scale in Kazakhstan, the control problems of its modes are becoming more complex due to the large extent of the electrical network, the uneven distribution of energy resources and productive units across the territory of the country, the structure complexity of generating capacities and schemes of backbone electric grids. The liberalization and restructuration of power industry leads to a radical change in organizational structure of power station which does not coincide with its technological structure and the structure of mode control system.

Presently, in the world, and also in Kazakhstan, new concepts of development of the electric power system are studied and formed in the global and national level, which correspond to the new goals and development trends of the global and national economies, and the new nature of threats to economic, environmental and social character. The technological infrastructure of modern electric power systems is complex and it includes a set of different spatially distributed but related technical elements, which perform in real-time processes of generation, power transmission and distribution and realize the common strategic goal - to provide reliable power energy supply for consumers (table 2). To do this, there are several methods of forecasting energy consumption. Whereas, all of them are based on the information coming from each point of consumption using counters, which are able to transmit information about the instantaneous values of power consumption in data centers. But Kazakhstan does not have such a well-developed infrastructure, which makes it impossible to use foreign techniques.

Table 2 – Expected electrical energy balance of Kazakhstan UPS during years 2020–2026 [1]

Name	Predicts, milliard kWh						
	2020 y.	2021 y.	2022 y.	2023 y.	2024 y.	2025 y.	2026 y.
Electricity consumption	110,1	112,2	114,1	115,4	117,7	120,9	124,1
Electricity production	116,4	119,7	122,4	123,4	129,4	135,0	128,5

On this basis, it is necessary to develop models and methods for optimal control of power systems that fully comply with the requirements of the Kazakhstan.

Issue: Development of a mathematical model of a multi-machine power system.

Materials and methods

Consider a classical mathematical model of multi-machine system. Figure 1 shows the electrical diagram of the system of n machines. All voltages are measured with respect to node 0 (neutral). Nodes 1,2, ... n - bus of corresponding machines or connection point of e.m.f. for transient reactance. Various nodes are connected together and to node 0 by passive elements represented with impedances. Initial values $E_1, E_2, ..., E_n$ are determined from the conditions of pre-emergency mode. Values $E_i (i = 1,2,...,n)$ in the transitional regime are assumed to be constant.

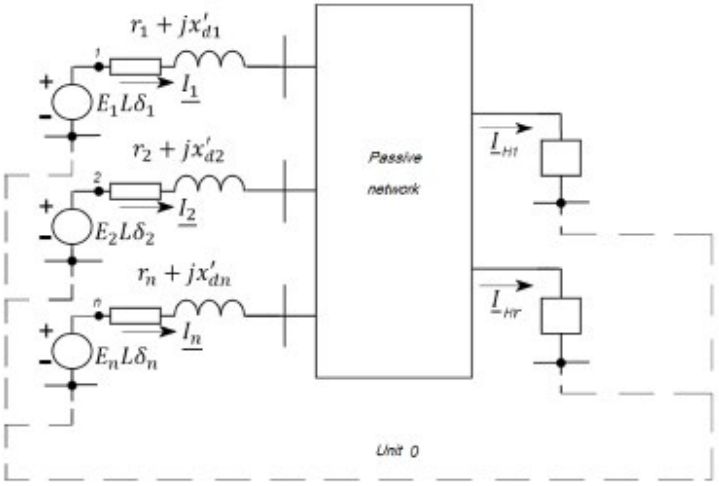


Figure 1 – The classical model of multi-machine system

Matrix of conductivities n-pole from generator terminals is defined by the expression $I = YE$ where, Y has the diagonal elements Y_{ii} and the off-diagonal elements of Y_{ij}. By definition, $Y_{ii} = Y_{ii} < \theta_{ii} = G_{ii} = jB_{ii}$ is equal to its own node conduction i, but $Y_{ij} = Y_{ij} < \theta_{ij} = G_{ij} = jB_{ij}$ is equal to the mutual conductance between nodes i and j with a minus sign.

Power, flowing in the network in node i and equivalent to electric power of i-th machine, is determined by the expression

$$P_i = \mathrm{Re}\, E_i I_i^*$$

$$P_{э,i} = E_i^2 G_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} E_i E_j Y_{ij} \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) =$$

$$E_i^2 G_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} E_i E_j Y_{ij} \left[B_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j) + G_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j) \right]$$

$$i = 1,...,n$$

The equations of motion are given in the following form [4]:

$$\frac{\tau_{J,i}}{\omega_{ном}} \frac{d\omega_i}{dt} + D_i \omega_i = P_{MX,i} - \left[E_i^2 G_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} E_i E_j Y_{ij} \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \right]$$

$$\frac{d\delta_i}{dt} = \omega_i - \omega_{ном}, i = 1,2,...,n$$

It should be noted that at the time preceding the emergency perturbation (t = 0),

$$P_{MX,i,0} = P_{э,i,0},$$

$$P_{MX,i,0} = E_i^2 G_{ii,0} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} E_i E_j Y_{ij,0} \cos(\theta_{ij,0} - \delta_{i,0} + \delta_{j,0}).$$

In some standard assumptions dynamics of *n* interconnected generators through a communication network can be described in the classical model with dynamics of the flow decay [5]. The network has been reduced to the representation of the internal bus, assuming that the load impedances are constant and they take into account the presence of the transfer conductance. A dynamic model of the *i*-th machine is represented by the classical model of the third order

$$\dot{\delta}_i = \omega_i - \omega_s$$
$$\dot{\omega}_i = \frac{\omega_s}{2H_i}\left(P_{m_i} - D_i(\omega_i - \omega_s) - E'_{q_i} I_{q_i}\right)$$
$$\dot{E}'_{q_i} = \frac{1}{T'_{d_i}}\left(E_{f_i} - E'_{q_i} - \left(X_{d_i} - X'_{d_d}\right)I_{d_i}\right)$$

where,

$$I_{q_i} = G_{ii}E'_{q_i} + \sum_{j=1, j\neq i}^{n} E'_{q_j}\left\{G_{ij}\cos\left(\delta_j - \delta_i\right) - B_{ij}\sin\left(\delta_j - \delta_i\right)\right\}$$
$$I_{d_i} = -B_{ii}E'_{q_i} - \sum_{j=1, j\neq i}^{n} E'_{q_j}\left\{G_{ij}\sin\left(\delta_j - \delta_i\right) + B_{ij}\cos\left(\delta_j - \delta_i\right)\right\}$$

$I_{q_i}(t)$ and $I_{d_i}(t)$ are currents in *d–q* reference frame of *i*-th generator, $E_{q_i}(t)$ – transient e.m.f. in the quadrature axis, $E_{f_i}(t)$ - equivalent e.m.f. in the excitation coil, X_{d_i} and X'_{d_d} - reactance of straight axis and transient reactance of straight axis, respectively; P_{m_i} – mechanical input power, received by the constant, D_i – damping coefficient; H_i – represents the inertia constant in seconds; T'_{d_i} – time-constant of short circuit on the straight axis in seconds; $\delta_i(t)$ – rotor angle in radians; $\omega_i(t)$ represents the relative speed, $\omega_s = 2\pi f_s$ – synchronous speed of the machine, in rad / s; G_{ij} and B_{ij} represent the *i*-th element of row and *j*-th element of column for nodal conduction matrix and nodal susceptibility

matrix, respectively, which are symmetrical in the internal nodes after eliminating all physical bus. Consider $E_{f_i}(t)$ as an input system of signal.

This flowchart starts with a source of fuel, which is then burned to provide steam. This steam rotates the turbine, which drives a generator. Generators, installed in power plants, are mainly synchronous machines. Synchronous machine converts the mechanical power provided by turbine into electric power that is then distributed to the network with loads. In the loads power is consumed, and it closes the circuit block of power allocation. All system components are controlled by an energy control center for reliable operation.

Mathematical models for the problems of stability, optimal control and stabilization of electric power systems are developed to describe the operation of electric power systems.

The following shows a general mathematical model of the complex electric power systems, which is described by a set of nonlinear differential equation:

$$\begin{aligned}
&\frac{d\delta_i}{dt} = S_i,\\
&\frac{dS_i}{dt} = w_i - D_i S_i - f_i(\delta_i) - \psi_i(\delta_{i^*}), \quad w_i = C_i^* x_i,\\
&\frac{dx_i}{dt} = A_i x_i + q_i S_i + b_i u_i, \quad i = \overline{1,l},
\end{aligned} \tag{1}$$

where the function

$$\psi_i(\delta_{i^*}) = \sum_{\substack{k=1,\\ k\neq i}}^{l} P_{ik}(\delta_{ik}), \qquad \delta_{ik} = \delta_i - \delta_k \tag{2}$$

A function $\psi_i(\delta_{i^*})$ describes the interaction between generators and expands in the following way:

$$\psi_i(\delta_{i^*}) = \sum_{\substack{j=1,\\ j\neq i}}^{l} \frac{1}{T_i}\left[P_{ij}\sin(\delta_{ji0} + \delta_{ji} - P_{ij}\sin\delta_{ij0})\right] \tag{3}$$

A periodic continuously differentiable function $f_i(\delta_i)$ is determined using the following formula:

$$f_i(\delta_i) = \frac{1}{T_i}[P_i \sin(\delta_{i0} + \delta_i) - P_i \sin \delta_i] \quad i = \overline{1,l}, \tag{4}$$

In the system (1), δ_i – rotation angle of the rotor of *i*-th synchronous generator with respect to a rotational axis; S_i – slip of *i*-th generator; $D_i > 0$ – damping coefficient.

To ensure reliable operation of electric power systems for system (1), it is required to define the area, where the phase trajectories tend to a particular stable equilibrium position. Investigation of stability «in the large» of the system (1) is done in the band $G_{0i} = \left\{(\delta_i, S_i, x_i) \middle| \delta_{-1i} < \delta_i < \delta_{0i}, \quad S_i \in R_i^1, \quad x_i \in R_i^{n_i}\right\}$ using the second method of Lyapunov.

Consider an insulated subsystem of the second order

$$\frac{d\delta_i}{dt} = S_i, \quad \frac{dS_i}{dt} = -D_i S_i - f_i(\delta_i) \tag{5}$$

for which M_i stationary set in the phase plane $R_i^2(\delta_i, S_i)$ consists of alternating points of stable and unstable equilibrium. To estimate the attraction regions of stable equilibrium positions using Lyapunov second method, it is possible to study the stability «in the large» of only one point of stable equilibrium (e.g., the origin $O(0,0)$), because of the periodicity on the angular coordinate of δ_i phase diagram of the system on the plane $R_i^2(\delta_i, S_i)$.

Consider the function $v_{0i}(\delta_i, S_i)$ defined in the band $\overline{G_{0i}}$ in the following way:

$$v_{0i}(\delta_i, S_i) = \frac{1}{2}(S_i + \alpha_i D_i \delta_i)^2 + \frac{1}{2}\alpha_i D_i^2 (1-\alpha_i) \cdot \delta_i^2 + F_i(\delta_i) + \\ + 2D_i \sqrt{\alpha_i (1+\alpha_i)} \widetilde{F}_i(\delta_i) = \frac{1}{2}(S_i + \alpha_i D_i \delta_i)^2 + \int_0^{\delta_i} N_i(\delta_i) d\delta_i, \tag{6}$$

where,

$$\alpha_i = const(0 < \alpha_i < 1), F_i(\delta_i) = \int_0^{\delta_i} f_i(\delta_i) d\delta_i,$$

$$\widetilde{F}_i(\delta_i) = \int_0^{\delta_i} \sqrt{\delta_i f_i(\delta_i)} d\delta_i, N_i(\delta_i) \\ = \alpha_i D_i^2 (1-\alpha_i)\delta_i + f_i(\delta_i) + 2D_i \sqrt{\alpha_i(1-\alpha_i)} \sqrt{\delta_i f_i(\delta_i)}.$$

Functions $F_i(\delta_i).\widetilde{F}_i(\delta_i)$ are continuous in the band $\overline{G_{0i}}$.

A mathematical model of optimal control problem for electric power system is described in the following way:

$$\frac{d\delta_i}{dt} = S_i, \\ H_i \frac{dS_i}{dt} = -D_i S_i - f_i(\delta_i) - N_i(\delta_i) + v_i, \\ \delta = (\delta_1, ..., \delta_l), \qquad S = (S_1, ..., S_l), \tag{7}$$

For full description of control problem, a system of equations (7) is supplemented by initial conditions

$$\delta_i(0) = \delta_{i0}, \quad S_i(0) = S_{i0}, \quad i = 1, ..., l. \tag{8}$$

Theorem 1. In order to obtain the optimum control $v_i^0(S_i, t) = -\left[w_{v_i}\right]^{-1} \exp\{-\gamma_i t\} S_i, \quad i = 1, ..., l,$ and the corresponding solutions $\{\delta^0(t), S^0(t)\}$ for the system (7) – (8), it is necessary and sufficient to

$$\Lambda(\delta(T), S(T)) = K(\delta(T), S(T)), \\ w_{S_i}(t) = 2D_i \exp\{-\gamma_i t\} + \left[w_{v_i}\right]^{-1} \exp\{-2\gamma_i t\} > 0, \qquad i = 1, ..., l,$$

where,

$$K(\delta,S)=0.5\sum_{i=1}^{l}\left[H_iS_i^2+\int_0^{\delta_i}f_i(\delta_i)d\delta_i\right]+\sum_{\substack{i=1,\\ \delta_j=0,\\ j>i}}^{l}\int_0^{\delta_i}N_i(\delta_1,...,\delta_{i-1},\delta_{i+1},...,\delta_l)d\xi_i \quad (9)$$

Bellman-Krotov function, and

$$J(v^0)=\min_v J(v)=K(\delta^0,S^0)$$

A mathematical model for motion stabilization of the power system for two synchronously running generators is developed and it is described by the following system of differential equations:

$$\begin{aligned}
\frac{d\delta_1}{dt}&=S_1,\\
\frac{d\delta_2}{dt}&=S_2,\\
\frac{dS_1}{dt}&=c_1x_1-K_1S_1-f_1(\delta_1)-P_{12},\\
\frac{dS_2}{dt}&=c_2x_2-K_2S_2-f_2(\delta_2)-P_{12},\\
\frac{dx_1}{dt}&=A_1x_1+u_1,\\
\frac{dx_2}{dt}&=A_2x_2+u_2,
\end{aligned} \quad (10)$$

where, first 4 equations describe the operation of the system, and last 2 equations describe the state of the regulator. Also x_1,x_2 – phase variables; c_1,c_2 – scalars; u_1,u_2 – controls; δ – rotor rotation angle; S – slip of generator;

$$f_1=\Gamma_0\left(\sin(\delta_1+\theta_0)-S_1\right);$$
$$f_2=\Gamma_0\left(\sin(\delta_2+\theta_0)-S_2\right);$$

$$P_{12}=\Gamma_1\left((\delta_1+\delta_2+2\theta_0)-S_2\right).$$

The following algorithms are employed for the numerical implementation for the problems of stability, optimality and stabilization of electric power systems. These algorithms provide more accurate solutions to the studied problems. Consider these algorithms in the example of the stabilization problem for electric power systems with two synchronous generators.

1-algorithm. Adams–Bashforth multistep method.

1-step. The initial values δ,S,x at $t=0$ and c,K,P,A are known.

2-step. To find δ,S,x at points 1,2,3,4, use Runge-Kutta method of 4th order.

$$\begin{aligned}
\delta_{i+1}&=\delta_i+\frac{1}{6}\left(m_1+2m_2+2m_3+m_4\right)\\
m_1&=\Delta t(S_i)\\
m_2&=\Delta t\left(S_i+\frac{1}{2}m_1\right)\\
m_3&=\Delta t\left(S_i+\frac{1}{2}m_2\right)\\
m_4&=\Delta t\left(S_i+\frac{1}{2}m_3\right)\\
S_{i+1}&=S_i+\frac{1}{6}\left(m_1+2m_2+2m_3+m_4\right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m_1&=\Delta t((cx_i-KS_i-f_i(\delta_i)-P_{12}))\\
m_2&=\Delta t\left((c(x_i+\frac{1}{2}m_1)-K(S_i+\frac{1}{2}m_1)-f_i(\delta_i+\frac{1}{2}m_1)-P_{12})\right)\\
m_3&=\Delta t\left((c(x_i+\frac{1}{2}m_2)-K(S_i+\frac{1}{2}m_2)-f_i(\delta_i+\frac{1}{2}m_2)-P_{12})\right)\\
m_4&=\Delta t\left((c(x_i+\frac{1}{2}m_3)-K(S_i+\frac{1}{2}m_3)-f_i(\delta_i+\frac{1}{2}m_3)-P_{12})\right)
\end{aligned}$$

$$x_{i+1} = x_i + \frac{1}{6}(m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4)$$

$$m_1 = \Delta t((Ax_i + u)$$

$$m_2 = \Delta t\left(A(x_i + \frac{1}{2}m_1) + u\right)$$

$$m_3 = \Delta t\left(A(x_i + \frac{1}{2}m_2) + u\right)$$

$$m_4 = \Delta t\left(A(x_i + \frac{1}{2}m_3) + u\right)$$

3-step. To find δ, S, x starting from $i = 4$ and up to $i = n$, use Adams–Bashforth multistep method. Coefficients for Adams–Bashforth multistep method [6] are shown in [6].

$$\delta_{i+1} = \delta_i + \Delta t\left(\frac{1901}{720}S_i - \frac{1387}{360}S_{i-1} + \frac{109}{30}S_{i-2} - \frac{637}{360}S_{i-3} + \frac{251}{720}S_{i-4}\right)$$

$$S_{i+1} = S_i + \Delta t\left(\begin{array}{l}\frac{1901}{720}(cx_i - KS_i - f_i(\delta_i) - P_{12}) - \frac{1387}{360}(cx_{i-1} - KS_{i-1} - f_{i-1}(\delta_{i-1}) - P_{12}) + \\ + \frac{109}{30}(cx_{i-2} - KS_{i-2} - f_{i-2}(\delta_{i-2}) - P_{12}) - \frac{637}{360}(cx_{i-3} - KS_{i-3} - f_{i-3}(\delta_{i-3}) - P_{12}) + \\ + \frac{251}{720}(cx_{i-4} - KS_{i-4} - f_{i-4}(\delta_{i-4}) - P_{12});\end{array}\right)$$

$$x_{i+1} = x_i + \Delta t\left(\frac{1901}{720}(Ax_i + u) - \frac{1387}{360}(Ax_{i-1} + u) + \frac{109}{30}(Ax_{i-2} + u) - \frac{637}{360}(Ax_{i-3} + u) + \frac{251}{720}(Ax_{i-4} + u);\right)$$

2-algorithm. Adams–Moulton multistep method.

1-step. The initial values δ, S, x at $t = 0$ and c, K, P, A are known.

2-step. To find δ, S, x at points 1,2,3,4, use Euler method.

$$\delta_{i+1} = \delta_i + \Delta t(S_i)$$

$$S_{i+1} = S_i + \Delta t(cx_i - KS_i - f_i(\delta_i) - P_{12})$$

$$x_{i+1} = x_i + \Delta t(Ax_i + u)$$

3-step. To find δ, S, x starting from $i = 4$ and up to $i = n$, use Adams–Moulton multistep method. Coefficients for Adams–Moulton multistep method [5] are shown in the [5].

$$\delta_{i+1} = \delta_i + \Delta t\left(\frac{251}{720}S_i + \frac{323}{360}S_{i-1} - \frac{11}{30}S_{i-2} + \frac{53}{360}S_{i-3} - \frac{19}{720}S_{i-4}\right)$$

$$S_{i+1} = S_i + \Delta t\left(\begin{array}{l}\frac{251}{720}(cx_i - KS_i - f_i(\delta_i) - P_{12}) + \frac{323}{360}(cx_{i-1} - KS_{i-1} - f_{i-1}(\delta_{i-1}) - P_{12}) + \\ - \frac{11}{30}(cx_{i-2} - KS_{i-2} - f_{i-2}(\delta_{i-2}) - P_{12}) + \frac{53}{360}(cx_{i-3} - KS_{i-3} - f_{i-3}(\delta_{i-3}) - P_{12}) + \\ - \frac{19}{720}(cx_{i-4} - KS_{i-4} - f_{i-4}(\delta_{i-4}) - P_{12});\end{array}\right)$$

$$x_{i+1} = x_i + \Delta t\left(\frac{251}{720}(Ax_i + u) + \frac{323}{360}(Ax_{i-1} + u) - \frac{11}{30}(Ax_{i-2} + u) + \frac{53}{360}(Ax_{i-3} + u) - \frac{19}{720}(Ax_{i-4} + u);\right)$$

Conclusion

The modeling process of technical, biological, economic and other processes requires a preliminary study of the data structure, the stationarity nature, the presence of anomalous observations. A special feature of energy consumption indicators is divergent trends of the seasonal and cyclical fluctuations, structural breaks, which cause their unsteadiness and causes autocorrelation, heteroscedasticity and the lack of normal distribution of residuals models constructed from these data. This makes it impossible to use classical statistical tools and actualizes the search for methods and models that reduce the negative impact of aforementioned problems to obtain better mathematical models and reliable forecasts.

This paper describes the process of optimal control of complex electric power systems. We found a continuous Bellman function that has continuous partial derivatives everywhere over all its arguments. The solution of the problem is obtained. The implicit Adams method was used to solve this problem.

The article was prepared within the framework of the project of grant financing AR05132020 “Development of an intelligent information complex and mathematical models for modern electric power systems” of the Institute of information and computing systems.

References

1 Official website of Kazakhstan Electricity Grid Operating Company «KEGOC» joint-Stock company // [Electronic resource]. – https://www.kegoc.kz.:27.04.2020.

2 **Osak A. B., Buzina E. Ya.** Analysis of the effectiveness of automatic and automated control systems in the electric power industry / / 5th international conference. scientific-practical Conf. «Modern trends in the development of relay protection systems and automation of power systems». – Sochi, 2015. – P. 105–120.

3 Варганова **А.В.** «О методах оптимизации режимов работы электроэнергетических систем и сетей» Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика, vol. 17, no. 3, 2017, pp. 76–85.

4 **Venikov V. A**. Optimization of modes of power plants and power systems. – Moscow: Energoizdat, 1980. – 464 p.

5 **M.A. Pai**, Energy function analysis for power system stability, in : Kluwer International Series in Engineering and Computer Science, Power Electronics and Power Systems. – Springer–Verlag, 1989. – 258 p.

6 **Butcher J. C.**. Numerical Methods for Ordinary Differential Equations / Second Edition. The University of Auckland, New Zealand, 2008. – 578 p.

Material received on 11.12.20.

С. С. Битиманова[1], А. А. Абдилдаева[2]

Электр энергетикалық жүйелерді оңтайлы басқару алгоритмі

[1]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
[2]ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

С. С. Битиманова[1], А. А. Абдилдаева[2]

Алгоритм оптимального управления электроэнергетическими системами

[1]Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилёва,
Республика Казақстан, г. Нур-Султан.
[2]Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК,
Республика Казақстан, г. Алматы.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Бұл мақалада Қазақстанның энергия жүйесінің ағымдағы жағдайы туралы деректер ұсынылған. Сондай-ақ, қазақстандық ЭЭК құрылымының техникалық жай-күйін талдай отырып, күрделі электр энергетикалық жүйелер үшін математикалық модель әзірленді. Адамс-Башфорттың көп сатылы әдісін қолдана отырып, басқару алгоритмдері жасалды. Көп факторлы регрессиялық және коинтеграциялық модельдерді құру электр энергиясын тұтыну көлемінің болжамды динамикасына әсер ететін маңызды факторларға талдау және бағалау жүргізілді.

Кілтті сөздер: Электр энергетикасы, энергия жүйесі, математикалық модель

В данной статье предоставлены данные о текущем состоянии энергосистемы Казахстана. Также, анализируя техническое состояние структуры Казахстанского ЭЭС, разработана математическая модель для сложных электроэнергетических систем. Разработаны алгоритмы управляемости с использованием многошагового метода Адамаса-Башфорда. Проведен анализ и оценка значимых факторов, влияющих на прогнозную динамику объемов потребления электроэнергии построение многофакторных регрессионных и коинтеграционных моделей.

Ключевые слов: электроэнергетика, энергосистема, математическая модель

МРНТИ 28.17.31

https://doi.org/10.48081/INPW8910

Н. С. Глазырина, Д. Ж. Сатыбалдина, А. Е. Жакупов
Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА «EYE HELPER» ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

В настоящее время мировое сообщество уделяет значительное внимание проблемам инвалидов с дисфункциями отдельных органов или чувств. Миллионы людей страдают от нарушений в работе сенсорных систем. Навигация – довольно сложная задача для слабовидящих людей. В связи с этим, целью настоящей работы бала разработка устройства «Eye helper», которое поможет ориентироваться в помещении людям, имеющим проблемы со зрением. В статье, на основе анализа существующих устройств и систем, приведены требования к устройству. Описано аппаратное и программное обеспечение, используемое при разработке устройства «Eye helper», приведен алгоритм работы. В статье также приведены результаты определения расстояния до препятствия устройством, описаны результаты тестирования. Устройство «Eye helper» возможно применять как в помещении, так и на улице. Разработанное устройство «Eye helper», удовлетворяет всем требованиям, которые были предъявлены к нему: устройство мобильно, имеет миниатюрные размеры и вес, что позволяет использовать его не утруждая пользователя; простота в использовании; осуществление мгновенной обратной сзязи с пользователем. Диапазон действия составляет 200 м. Стоимость разработанного устройства – 4860 тенге.

Ключевые слова: ассистивная технология, слабовидящие люди, навигация, зона обнаружения объектов, перемещение в помещении, Arduino.

Введение

По статистике Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в мире насчитывается 40 млн. полностью незрячих и 290 млн. человек, которые имеют проблемы со зрением. В Казахстане, по данным Минздрава, зарегистрировано 56 тысяч человек, из которых 1800 детей, с проблемами со

зрением. По прогнозам специалистов, к 2050 году людей с близорукостью будет насчитываться примерно 4,5 млрд. человек – это половина населения земного шара – и около 115 миллионов незрячих [1, 2]. С каждым годом все чаще люди в возрасте от 30 до 40 лет, становятся полностью или частично утратившими зрение. Причиной этому являются не только хронические заболевания глаз, но и повышение мобильности людей (авиаперелеты, которые создают дополнительную нагрузку на организм, автомобильные аварии и т.п.), а также экстремальные виды спорта, которые все больше набирают популярность. ВОЗ прогнозирует, что по мере старения населения планеты число людей, потерявших зрение после 50 лет, будет увеличиваться [3].

Все системы, устройства и приборы, которые используются людьми с ограниченными возможностями для помощи в их повседневной жизни, облегчения их деятельности и обеспечения безопасной мобильности, включены в один общий термин: ассистивная технология.

В 1960-х годах была внедрена ассистивная технология для решения повседневных проблем, связанных с передачей информации, навигационные и ориентирующие средства, связанные с помощью мобильности [4].

Вспомогательная технология стала доступной для незрячих людей с помощью электронных устройств, которые обеспечивают пользователям обнаружение и локализацию объектов. Датчики также помогают пользователю справится с задачей мобильности, основанной на определении размеров, диапазона и высоты объектов.

Большинство электронных средств, которые предоставляют услуги для людей с нарушениями зрения, зависят от данных, собранных из окружающей среды (с помощью лазерного сканера, датчиков камер или гидролокатора) и переданных пользователю через тактильный, аудио формат, либо через оба.

Однако, независимо от услуг, предоставляемых любой конкретной системой, существуют некоторые основные функции, необходимые в этой системе, чтобы обеспечить справедливую производительность. Эти особенности могут быть ключом к измерению эффективности и надежности любого электронного устройства, предоставляющего услуги навигации и ориентации для людей с нарушениями зрения.

Рассмотрев такие разработки как трости (обычные, длинные, складные, лазерные) [5], адаптированные картографические приложения Google, Open Street Map, приложение Osmand Access [6], устройства GuideCane [8], NavBelt [9], Smart cane, систему SUGAR [10], можно сделать вывод, что электронное устройство для незрячих должно быть предельно информативным, но не перегружать пользователя своей сложностью и излишней информацией. Кроме того, размеры разрабатываемого устройства должны быть небольшими, что позволит его использовать как в помещении так и на улице.

Материалы и методы

Для разработки устройства «Eye helper», в первую очередь были подобраны качественные элементы, чтобы система не подвела пользователя в неподходящий момент.

На основе сравнения функций моделей Arduino [11], был выбран микроконтроллер серии Arduino UNO R3, который будет контролировать всю работу устройства.

При выборе датчика для определения расстояния, был проведен анализ результатов применения во вспомогательных системах для навигации основанных на принципе эхолокации инфракрасного датчика приближения, лазерного и ультразвукового дальномера. С учетом соотношения функциональных возможностей, размеров, энергопотребления и цены был выбран ультразвуковой датчик HC-SR04. Датчик может обнаруживать препятствия перед ним, используя звуковые волны. Модуль такого устройства состоит из приемника и передатчика, а также из схемы управления, которая включает в себя кварцевый генератор.

Кроме этого, в проекте используется вибрационный двигатель монетного типа, по причине его низкой стоимости и небольших размеров. Но при этом его функциональность не уступает вибрационным моторам в более дорогом сегменте. Для генерации звука используется пьезокерамический излучатель звука.

Питание системы осуществляется двумя способами: от внешнего источника и от USB. В качестве внешнего источника могут быть использованы аккумулятор, батарея, а также AC/DC адаптер. Рекомендуется использовать источник питания с напряжением в диапазоне от 7 до 12 В. В проекте используется батарея типа «крона» на 9В.

На рисунке 1 показана принципиальная электрическая схема устройства «Eye Helper».

На рисунке 2 показаны внешний вид устройства (а) и внутреннее расположение компонентов в устройстве (б).

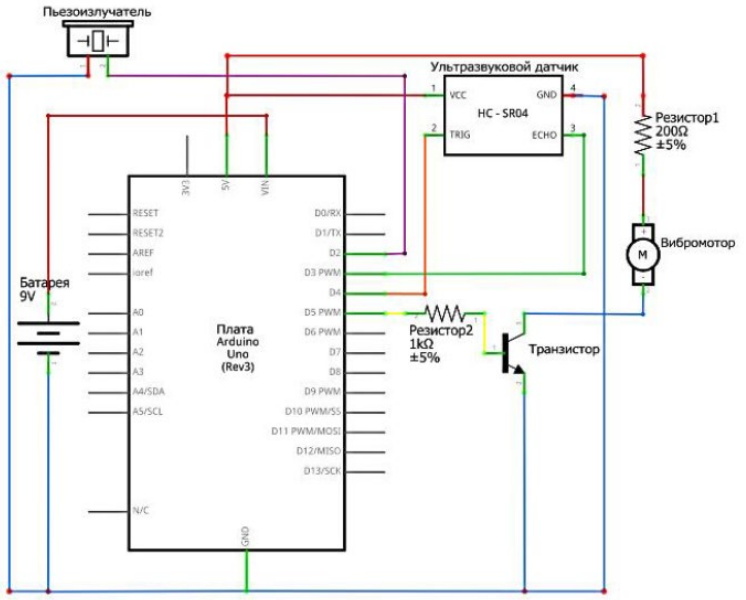
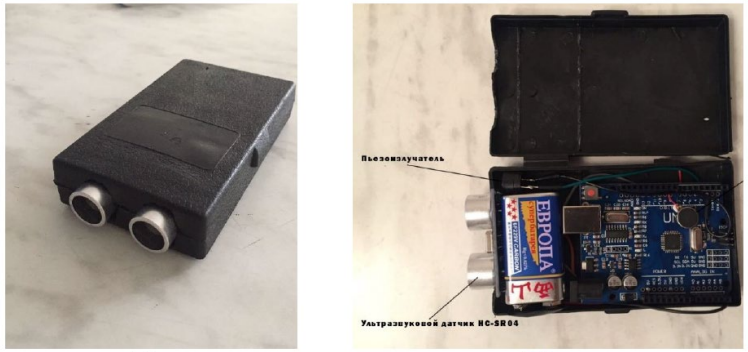


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема «Eye Helper»



(а) (б)

Рисунок 2 – устройство «Eye Helper»

Алгоритм работы устройства состоит в следующем: при включении идет проверка необходимого минимального уровня заряда батареи, если заряда не хватает для работы устройства, прозвучит звуковой сигнал, предупреждающий пользователя, что необходимо заменить батарею. Если

же заряд батареи достаточен, то в работу вступает ультразвуковой датчик. Рассчитывается расстояние до объекта, если расстояние до объекта находится в пределах Дальней зоны (Таблица 1), от 100 до 200 сантиметров, устройство вибрирует с уровнем вибрации номер 3. Если объект в пределах, от 50 до 100 сантиметров, уровень вибрации равен 2. Если же объект находится в непосредственной близости, то есть в пределах 50 сантиметров, устройство вибрирует на уровне 1. Уровень 1 – уровень максимальной вибрации.

Таблица 1 – Зоны обнаружения объектов

№п/п	Название зоны	Расстояние до объекта (см)	Уровень вибрации
1	Дальняя	>100, но <200	3
2	Средняя	50-100	2
3	Ближняя	<50	1

Блок схема алгоритма работы устройства приведена на рисунке 3

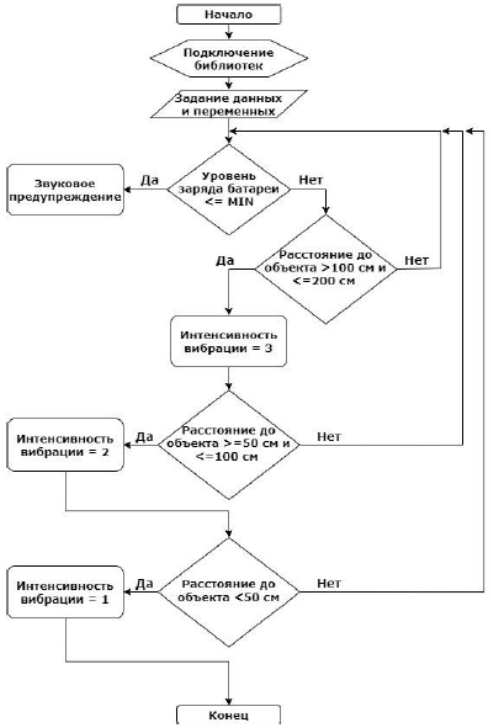
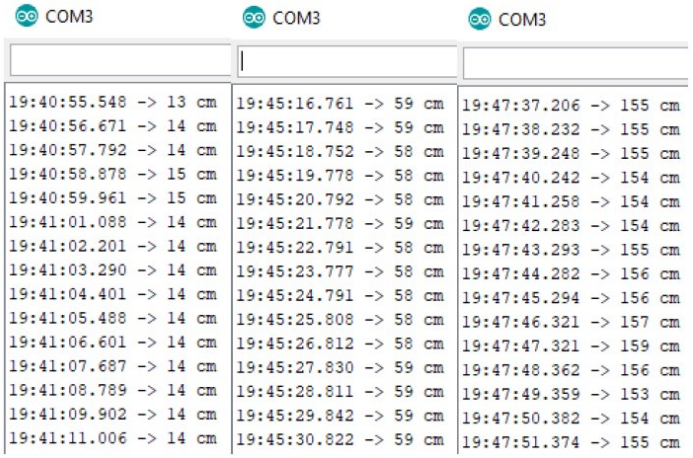


Рисунок 3 – Блок-схема работы устройства «Eye helper»

Для программирования платы Arduino Uno была использована среда разработки Arduino IDE.

На рисунке 4 представлен монитор порта, на который выведено, определяемое устройством, расстояние до препятствия. На рисунке 4 (а) расстояния до объекта от датчика равно 15 см, 4 (б) расстояние составляет 60 см, а на рисунке 4 (в) – 155 см. Результаты определения расстояния до препятствий имеют расхождения в 1–2 см.



(а) (б) (в)

Рисунок 4 – Данные о расстоянии от датчика до препятствия

Функциональное тестирование устройства проводилось в помещении. На рисунке 5 изображен пользователь, тестирующий устройство.

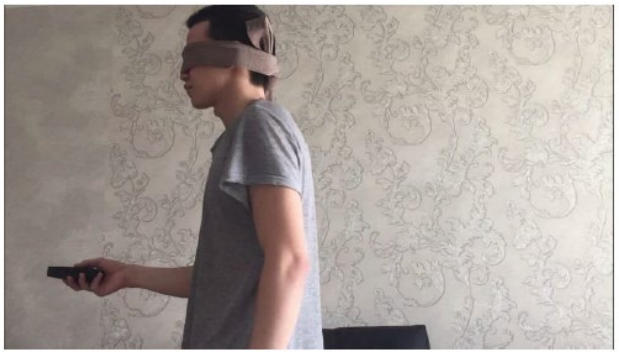


Рисунок 5 – Тестирование устройства в помещении

В помещении, в котором тестировалось устройство, стены с левой и правой стороны использовались как основной ориентир для поиска пути. В таких условиях пользователь прошел между ними беспрепятственно, ориентируясь на вибрацию. После этого маршрут был усложнен. На пути пользователя на уровне его колен было установлено препятствие, чтобы избежать его, пользователь должен исследовать путь перемещая устройство. Сделав это, пользователь успешно избежал препятствие на пути.

Сложность маршрута в помещении и способность восприятия пользователем сигнала вибрации влияет на скорость передвижения.

Выводы

Навигация – довольно сложная задача для слабовидящих людей. Разработанное устройство «Eye helper», удовлетворяет всем требованиям, которые были предъявлены к нему: устройство мобильно, имеет миниатюрные размеры и вес, что позволяет использовать его не утруждая пользователя; простота в использовании; осуществление мгновенной обратной сзязи с пользователем. Стоимость устройства составляет 4860 тенге, что делает его доступным для широкого круга людей.

References

1 [Electronic resource]. – https://www.ochkov.net/wiki/blizorukost-statistika-voz.htm.

2 [Electronic resource]. – https://yandex.kz/turbo?text=https%3A%2F%2Fwww.zakon.kz%2F4946068-v-kazahstane-ezhegodno-operiruyut-16.html.

3 [Electronic resource]. – https://lala.lanbook.com/kak-vysokie-tekhnologii-izmenili-zhizn-nezryachih-lyudej.

4 **Tiponut V.**, **Ianchis D.**, **Bash M., Haraszy Z.** Work Directions and New Results in Electronic Travel Aids for Blind and Visually Impaired People. Latest Trends Syst. 2011. – 347–353 p.

5 [Electronic resource]. – http://elibrary.ru.

6 [Electronic resource]. – https://lala.lanbook.com/kak-vysokie-tekhnologii-izmenili-zhizn-nezryachih-lyudej.

7 [Electronic resource]. – http://www.ksrk-edu.ru/osmand/ru/index.php.

8 **Borenstein, J., Ulrich, I.** «The GuideCane – A Computerized Travel Aid for the Active Guidance of Blind Pedestrians», The University of Michigan, Advanced Technologies Lab, 2011.

9 **Shoval, S., Borenstein, J., Koren, Y.** «The NavBelt-a computerized travel aid for the blind based on mobile robotics technology», IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 2010. – 1376–1386 p.

10 **Martinez-Sala, AS., Losilla, F., Sánchez-Aarnoutse, JC., García-Haro, J.,** Sensors (Basel). 2015. 12–15 p.

11 [Electronic resource]. – https://ampermarket.kz.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Н. С. Глазырина, Д. Ж. Сатыбалдина, А. Е. Жакупов

Мүмкіндігі шектеулі адамдарға арналған «Eye helper» көмекше құрылғысын жасап шығару

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

N. S. Glazyrina, D. Zh. Satybaldina, A. E. Zhakupov

Development of the «Eye helper» device for disabled people

L. N. Gumilyov Eurasian National University»,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 11.12.20.

Қазіргі уақытта әлемдік қауымдастық, мүгедектердің жеке мүшелерінің және сезім мүшелерінің бұзылу проблемаларына көп көңіл бөледі. Миллиондаған адамдар сенсорлық жүйенің дұрыс жұмыс істемеуінен зардап шегеді. Көру қабілеті нашар адамдар үшін навигация – бұл өте қиын міндет. Осыған байланысты, бұл жұмыстың мақсаты көру қабілеті бұзылған адамдарға кеңістікте бағдарлауға көмектесетін «Eye helper» көмекші құрылғысын жасау болды. Мақалада қолданыстағы құрылғылар мен жүйелерді талдау негізінде, құрылғыға қойылатын талаптар келтірілген. «Eye helper» құрылғысын әзірлеу кезінде пайдаланылатын аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету сипатталған, жұмыс алгоритмі келтірілген. Сондай-ақ, мақалада құрылғының кедергіге дейінгі қашықтықты анықтау нәтижелері көрсетілген, тестілеу нәтижелері сипатталған. «Eye helper» құрылғысы бөлмеде де, көшеде де қолданылуы мүмкін. Құрылғы диапазоны 200 м құрайды. Әзірленген «Көз көмекшісі» құрылғысы оған қойылған барлық талаптарға сай келеді: құрылғы мобильді, миниатюралық өлшемі мен салмағы бар, бұл оны пайдаланушыны алаңдатпай пайдалануға мүмкіндік береді; қолданудың қарапайымдылығы; пайдаланушымен жедел кері байланысты жүзеге асыру. Әзірленген құрылғының құны – 4860 теңге.

Кілтті сөздер: көмекші технология, нашар көретін адамдар, навигация, объектілерді анықтау аймағы, үй ішінде қозғалу, Ардуино.

Currently, the world community pays considerable attention to the problems of people with disabilities with dysfunctions of individual organs or senses. Millions of people suffer from malfunctioning sensory systems. Navigation is a rather difficult task for visually impaired people. In this regard, the goal of this work was to develop the «Eye helper» device, which will help people with vision problems to navigate indoors. The article, based on an analysis of existing devices and systems, describes the requirements for the device. The hardware and software used in the development of the «Eye helper» device are described, and the operation algorithm is described. The article also presents the results of determining the distance to an obstacle by the device, describes the test results. The «Eye helper» device can be used both indoors and outdoors. The developed device «Eye helper» meets all the requirements that were presented to it: the device is mobile, has a miniature size and weight, which allows using it without bothering the user; ease of use; implementation of instant feedback with the user. The range of action is 200 m. The cost of the developed device is 4860 tenge.

Keywords: assistive technology, visually impaired people, navigation, object detection area, moving indoors, Arduino.

ҒТАМР 20.51.23

https://doi.org/10.48081/SYNJ7690

А. О. Дәуітбаева, Е. Н. Тулегенова, М. Ж. Айтимов, Ж. Бимұратқызы
Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан Республикасы, Қызылорда қ.

ЭЛЕКТРОНДЫҚ КОММЕРЦИЯ ЖҮЙЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі уақытта көптеген электрондық коммерция жүйелерін тиімді және ойдағыдай жұмыс істеуде өз миссиясының толық орындауда. Алайда, қолданыстағы жүйелер, ағымдағы деңгейі мүмкіндіктерін шегі емес. Қазіргі заманғы ақпараттық технологиялар үлкен функционалдық жүйелерді жасауға қол жеткіздіреді.

Бірақ осындай жүйелерді құруға электронды коммерция мен алынған нәтижелер негізінде Бизнес-процестерді қолдау жүйелерін одан әрі дамыту мәселесіне озық жүйесі-теориялық зерттеулер талап етеді.

Электрондық коммерциясы тауардың сатып алуы мен қоймаға алып келуінен бастап, клиенттерге тасып жеткізу және тауарды төлеу процестерімен аяқталатын процестердің жиынтығынан тұрады. Электрондық коммерция жүйелерін дұрыс және тиімді жетілуі және дамытуы үшін бірінші кезекте жүйеге негізделген оңтайлы орындау міндеттері мен оларды шешу үшін тиімді алгоритм қажетті. Барлық қадамдар оңтайлы және тегіс орындалуын қамтамасыз ету үшін электрондық коммерцияның барлық процестерін қарастыру керек.

Кілтті сөздер: элекронды, коммерция, онлайн, тауар.

Кіріспе

Халыққа қызмет көрсету және әлеуметтік жағдайын арттыру мақсатында орындалған жұмыстар заман талабына сай орындалуда. Яғни, сауда түрін жетілдіру және жаңа технологияларын пайдалану бойынша халыққа тұтыну сұранысын қанағаттандыру басты мақсат екені белгілі. Осы мақсатта электронды ақпарат алмасаушы ұйымдар коммуникациялық құрылымға қомақты салымдар жасай отырып тек ірі компаниялар арқылы жүзеге асыра алатын, ал қазіргі кезде Internet-ті пайдалану арқылы «электронды

сатушы» қатарларына кішігірім фирмаларға да ене алатын мүмкіншілікке ие болды. Мысалы, World Wide Web жүйесінің электронды көрме-сөресі бүкіл әлемнен тұтынушылар тартуға мүмкіндік береді [1]. Ешқандай материалды салымдарды қажет етпейтін on-line бизнес, «виртуалды» өткізудің жаңа арнасын қалыптастырады. Егер ақпарат, қызмет және тауар (мысалы бағдарламалық қамсыздандыру) Web арқылы сатылса, онда сату үдерісі (төлемдерді қоса) on-line түрде жүргізіле алады.

Электронды коммерцияға тек қана Internet ғаламдық желісі ғана емес, сонымен қатар BBS, VAN басқа коммуникациялық орталарды пайдаланатын «электронды дүкендер» жатады. Сонымен қатар WWW-дан алынған ақпарат арқылы жүргізілетін, бірақ мәліметтермен факс, телефон және т.б. арқылы алмасуды жүзеге асыратын сату үрдісі тек жартылай ғана электронды коммерцияға жатқызыла алады. WWW электронды коммерцияның технологиялық базасы болуына қарамастан, жүйеде басқа да коммуникациялық мүмкіндіктер қолданылады. Тауар параметрлері мен тапсырысты ресімдеу жайлы нақты мәлімет алу үшін электронды пошта арқылы сұрау салуға болады.

Қазіргі таңда on-line сатып алу кезінде көбіне төлем құралы ретінде кредиттік карточкалар қолданылады. Дегенмен, төлем құралдарының жаңа түрлері де пайда бола бастады: смарт-карта, сандық ақша (digital cash), микротөлемдер және электронды чектер.

Электронды коммерция тек қана on-line транзакцияларын ғана қамтып қоймайды. Бұл ұғым аясында қызметтің мынандай түрлерін қамтуы тиіс, маркетингтік зерттеулерді жүргізу, әріптестерінің мүмкіндіктерін анықтау, жабдықтаушылар мен тұтынушылар, құжатайналым ұйымдарымен және т.б. байланыста болу [2]. Осылайша, электронды коммерция кешенді ұғым және мәліметпен электронды алмасу оның құрамдас бөлігі болып табылады.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазіргі уақытта ақпараттық технологиялардың дамуына байланысы үлкен өзгерістерге ұшырауда. Өте зор өзгерістердің бір саласы ол электронды коммерцияның қарқынды дамуы.

Бұл аталған бизнес түрі тіпті дағдарыс кезінде, өзінің өміршеңдігі мен тиімділігін көрсетіп отыр. Қазіргі уақытта, электрондық коммерция технологиясын пайдалана отырып бизнес-үдерістерді құрған компаниялар саны күн сайын артып келеді.

Электронды сауданың қарқынды дамуы ақпараттық технологияның және Интернеттік технологиялардың дамуымен байланысты болып отыр.

Электрондық коммерция ерекшеліктері маркетинг тұрғысынан жаңа мүмкіндіктер ашады, компаниялар арасындағы өзара әрекеттесудің процесстерін, шығындарды төмендету жеңілдету және жеделдету мүмкіндік береді.

Зерттеудің мақсаты: Қазіргі уақытта көптеген электрондық коммерция жүйелерін тиімді және ойдағыдай жұмыс істеуде өз миссиясының толық орындауда. Алайда, қолданыстағы жүйелер, ағымдағы деңгейі мүмкіндіктерін шегі емес. Қазіргі заманғы ақпараттық технологиялар үлкен функционалдық жүйелерді жасауға қол жеткіздіреді.

Бірақ осындай жүйелерді құруға электронды коммерция мен алынған нәтижелер негізінде Бизнес-процестерді қолдау жүйелерін одан әрі дамыту мәселесіне озық жүйесі-теориялық зерттеулер талап етеді.

Зерттеу пәні. Электрондық коммерциясы тауардың сатып алуы мен қоймаға алып келуінен бастап, клиенттерге тасып жеткізу және тауарды төлеу процестерімен аяқталатын процестердің жиынтығынан тұрады. Электрондық коммерция жүйелерін дұрыс және тиімді жетілуі және дамытуы үшін бірінші кезекте жүйеге негізделген оңтайлы орындау міндеттері мен оларды шешу үшін тиімді алгоритм қажетті. Барлық қадамдар оңтайлы және тегіс орындалуын қамтамасыз ету үшін электрондық коммерцияның барлық процестерін қарастыру керек.

Электрондық Коммерция – сатып алушылар мен сатушылар арасындағы желілік өзара байланыстар негізінде ақпараттық технологияларды пайдалана отырып, тауарлар мен көрсетілетін қызметтерді өткізуге бағытталған қызмет [3, 4].

Электрондық коммерция құралдары бағалы қағаздармен сауданы ұйымдастыруға, заңды тұлғалар арасында мәміле жасасуға, электрондық биржаларда қызмет жүргізуге, тапсырысты және тұтынушылық тауарлардың, көрсетілетін туристік, білім беру, көрсетілетін коммуналдық қызметтердің ақысын төлеуге мүмкіндік береді. Тауарды жарнамалау, оған тапсырыс беру, ақы төлеу, жеткізу жұмыстары желілік құралдарды пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Мысалы, желілік жарнамалау кезінде дүкен өзінің Web-тізілімін немесе Web-сайтта сөре жасайды, мұнда сатып алушы тауардың ерекшеліктері мен сипаттамалары туралы хабарды оқып қана қоймайды, сонымен бірге мультимедиа-құралдарын пайдалана отырып, оны көре де алады. Тауарлардың тізімін көрсететін Web-бет сатып алушының желілік тәсіл арқылы таңдаған тауарлардың және оларға тапсырыстың қоржынын қалыптастыруға негіз болады. Қоржындар туралы барлық мәлімет жүйеде қалады және сатушыны маркетингілік ақпаратпен қамтамасыз етеді. Сатып алушы сайтқа жіберілетін және клиенттің нені сатып алғысы келетіні туралы мәліметтерді жинайтын электрондық бағдарламадан тауарды таңдай алады. Тауардың ақысы ақпараттық технологияларды пайдалана отырып немесе дәстүрлі тәсілмен қолма-қол ақшалай немесе қолма-қол ақшасыз төленеді [5, 6]. Электрондық коммерция логистикаға және электрондық өзара іс-қимылдың ғалами сипатын ескере отырып жеткізу мәселесіне ерекше талап қояды.

Соңғы уақытта «электронды дүкендер» ұғымы танымал бола бастады. Әдетте, « электрондық дүкен « – бұл тауарлар каталогы, тауарлар жиналатын «сатып алушының виртуалды» арбасы, сондай-ақ Интернет немесе телефон арқылы несие картасының нөмірін ұсыну арқылы төлем құралдары бар веб-сайт. Сатып алушыларға тауарларды жіберу пошта арқылы немесе электрондық тауарларды (мысалы, бағдарламалық қамтамасыз етуді) электрондық пошта арналары бойынша немесе тікелей web-site арқылы Интернет желісі бойынша сатып алған жағдайда жүзеге асырылады.

– Электрондық коммерцияның тағы бір жаңа бағыты-әр түрлі бағдарламалық жасақтаманы және «микро төлемдер» деп аталатын жалдау-бағдарламалық жасақтама [7, 8]. Бизнестің бұл түрі Java технологиясының кең таралуына байланысты дамыды.

– Электрондық коммерция саласындағы дәстүрлі қызмет – бұл ақпаратты сату, мысалы, on-line режимінде жұмыс істейтін мәліметтер базасына жазылу.

Қазіргі кезде электрондық коммерцияның келесі түрі – электронды банктер қарқын ала бастады. Электрондық банктердің негізгі артықшылықтарының ішінде мұндай банкті ұйымдастырудың салыстырмалы түрде төмен құнын (беделді ғимараттарды жалға алудың қажеті жоқ, құндылықтар қоймасы қажет емес және т.б.) және клиенттердің кең ауқымын (кез-келген Internet қолданушысы электрондық банктің әлеуетті клиенті болып табылады) атап өтуге болады.

Қорытынды

Электрондық коммерцияның қолайлы жақтарының бірі-жеке маркетингті пайдалану мүмкіндігі. Оның негізінде бірыңғай тәсілден бас тарту, тауарлар мен қызметтерді әр сатып алушының жеке қажеттіліктеріне сәйкес өзгерту жатыр. Мұндай жеке тәсіл кері байланыс маркетингі немесе жаппай даралау деп те аталады. Бұл тұтынушыны тартудың және ұстап қалудың, бәсекелестікті жеңудің тиімді әдісі. Желідегі деректерді нақты әлемге қарағанда тезірек алуға болады. Интернет технологиялары бұл процесті жеңілдетеді және автоматтандырады.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Гальперин, М. В.** Электронная техника; Форум, Инфра–М. – Москва, 2010. – 352 с.

2 **Горошков, Б. И.** Электронная техника; Академия – Москва, 2012. – 320 с.

3 **Дашков, Л. П., Памбухчиянц, В. К., Памбухчиянц, О. В.** Коммерция и технология торговли; Дашков и Ко-Москва, 2011. – 692 с.

4 **Евдокимов, Н. В.** Раскрутка Web-сайтов. Эффективная Интернет-коммерция; Вильямс-Москва, 2010. – 160 с.

5 **Иванова, О. Н.** Электронная коммутация. – М. : Связь – Москва, 2014. – 296 с.

6 **Кобелев, О. А.** Электронная коммерция; Дашков и Ко – Москва, 2012. – 684 с.

7 **Козье, Д.** Электронная коммерция. – М. : Microsoft Press. Русская Редакция – Москва, 2010. 288 с.

8 [Электронный ресурс]. – http://www.iref.kz/saudada-yi-elektrondyi-t-lemdi-zhetildirudi-ekonomikalyi-ma-yizdyilyi-yi.

References

1 **Gal`perin, M. V.** E`lektronnaya texnika; Forum, Infr. [Galperin, M. V. Electronic technology; Forum]. Infra-M. – Moscow, 2010. – 352 p.

2 **Goroshkov, B. I.** E`lektronnaya texnika; Akademiya. [Goroshkov, B. I. Electronic technology; Academy]. – Moscow, 2012. – 320 p.

3 **Dashkov, L. P., Pambuxchiyancz, V. K., Pambuxchiyancz, O. V.** Kommerciya i texnologiya torgovli. [Dashkov, L. P., Pambukhchiyants, V. K., Pambukhchiyants, O. V. Commerce and Technology of Trade]. Dashkov and Co. – Moscow, 2011 – 692 p.

4 **Evdokimov, N. V.** Raskrutka Web-sajtov. E`ffektivnaya Internet-kommerciya. [Evdokimov, N. V. Promotion of Web sites. Effective Internet Commerce]. Williams-Moscow, 2010. – 160 p.

5 **Ivanova, O. N.** E`lektronnaya kommutaciya. [Ivanova, O. N. Electronic switching]. – M. : Svyaz-Moscow, 2014. – 296 p.

6 **Kobelev, O. A.** E`lektronnaya kommerciya. [Kobelev, O. A. E-commerce]. Dashkov & Co. – Moscow, 2012. – 684 p.

7 **Koz`e, D.** E`lektronnaya kommerciya. [Kozye, D. E-commerce. – Moscow : Microsoft Press]. Russian Edition-Moscow, 2010. – 288 p.

8 [Electronic resource]. – http://www.iref.kz/saudada-yi-elektrondyi-t-lemdi-zhetildirudi-ekonomikalyi-ma-yizdyilyi-yi.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

А. О. Даутбаева, Е. Н. Тулегенова, М. Ж. Айтимов, Ж. Бимұратқызы

Исследование эффективности системы электронной коммерции

Кызылординский университет имени Коркыт Ата,
Республика Казахстан, г. Кызылорда.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

A. O. Dauitbayeva, E. N. Tulegenova, M. Zh. Aitimov, Zh. Bimuratkyz

Study of the efficiency of the e-commerce system

Korkyt Ata Kyzylorda University,
Republic of Kazakhstan, Kyzylorda.
Material received on 11.12.20.

В настоящее время многие системы электронной коммерции работают эффективно и успешно, полностью выполняя свою миссию. Однако существующие системы не являются пределом возможностей текущего уровня. Современные информационные технологии позволяют создавать большие функциональные системы.

Но создание таких систем требует передовых системно-теоретических исследований по проблеме электронной коммерции и дальнейшего развития систем поддержки Бизнес-процессов на основе полученных результатов.

Электронная коммерция состоит из набора процессов, начиная от покупки и доставки товара на склад и заканчивая процессами доставки и оплаты товара клиентам. Для правильного и эффективного совершенствования и развития систем электронной коммерции в первую очередь необходимы оптимальные задачи реализации на основе системы и эффективный алгоритм их решения. Все процессы электронной коммерции должны быть рассмотрены, чтобы обеспечить оптимальное и плавное выполнение всех шагов.

Ключевые слова: элекрон, коммерция, онлайн, товар.

Currently, many e-commerce systems are fully fulfilling their mission to work effectively and successfully. However, in existing systems, the current level is not the limit of capabilities. Modern information technologies allow us to create large functional systems.

But the creation of such systems requires advanced system-theoretical research on the problem of e-commerce and further development of Business Process Support Systems based on the results obtained.

E-commerce consists of a set of processes, starting with the purchase and delivery of goods to the warehouse, ending with the delivery and payment of goods to customers. For the correct and effective development of e-commerce systems, first of all, optimal system-based tasks and an effective algorithm for solving them are necessary. All e-commerce processes should be considered to ensure that all steps are performed optimally and smoothly.

Keywords: electron, commerce, online, product.

МРНТИ 53.07.05

https://doi.org/10.48081/GMIF3466

Б. И. Диханбаев[1], А. Б. Диханбаев[2]

[1]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Нур-Султан, Республика Казахстан;
[2]Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы,
Республика Казахстан

К ВОПРОСУ БЕЗОТХОДНОГО СЖИГАНИЯ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ И УТИЛИЗАЦИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ОТХОДЯЩИХ ГАЗАХ

Производственная деятельность человечества с использованием высокозольного ископаемого вида топлива для производства электроэнергии неуклонно увеличивает золовые отходы и выбросы углекислого газа в окружающую среду. В предлагаемой статье предложен вариант безотходного сжигания экибастузского угля в плавильном реакторе устанавливаемом под котлом; предусматривается получение, кроме пара энергетических параметров, расплава пригодного для производства строительных материалов, возгонов цинка, галлия и германия, сокращение выбросов «CO_2» в атмосферу и возврат в процесс части углерода «CO_2». На основе метода предельного энергосбережения разработана энергосберегающая тепловая схема энергетического котла на базе предложенной технологии восстановления «CO_2, H_2O» отходящих газов реактора цинковыми парами до «CO, H_2». Получаемый при этом, избыточный водород будет использоваться для вытеснения из «CO» элементарного углерода. Отработанный реагент, окись цинка, после восстановления на цинк будет замкнуто использоваться в процессе. В случае реализации предлагаемой системы выбросы CO_2 в атмосферу сократятся до 50 %, ожидаемый срок окупаемости составит 1,0–1,5 лет.

Ключевые слова: диоксид углерода, реактор инверсии фаз, дистилляция цинка, золовые отходы, возгоны галлия, германия.

Введение.

Имея 70 % источников на угле и вырабатывая 80 % энергии на угольных станциях Казахстан остается лидером по вредным выбросам в окружающую

среду. Учитывая, что будут строиться новые тепловые станции на Балхаше, Кокшетау, Астане и Аркалыке, то опасность загрязнения окружающей среды будут расти. Ежегодный выход золы и золошлаковых смесей при сжигании только экибастузского угля составляет около 19 млн.т, а в золоотвалах ТЭС, от сжигания только экибастузского угля, к настоящему времени накоплено более 300 млн. тонн золошлаковых отходов (ЗШО), содержащих до 5–8 % остаточного углерода. Концентраций Ga, Ge в ЗШО более 200 г/т, цинка до 4 %, что сравнимо с содержанием галлия, германия цинка и в исходном угле [1].

Вопросу извлечения галлия, германия из отходящих газов сжигания угля посвящено много исследований. В [3, 4] предлагается улавливание возгонов в абсорбционных аппаратах путем орошения раствором соляной кислоты с последующим продувом раствора воздухом, что позволит получить солянокислый раствор Ge(IV) и Ga(Ш). Предшествующие работы велись в направлений использования ЗШО в дорожном строительстве, производстве строительных материалов как ячеистого бетона, золобетона [2]. Однако, несмотря на их несомненную важность, все перечисленные исследования направлены на переработку отходов, следуя остаточному принципу «сначала создавать отходы, затем их «успешно» перерабатывать».

Методология. Перспективным направлением, на наш взгляд, было бы создание технологии позволяющей безотходное сжигание экибастузского угля с выработкой за один цикл пара энергетических параметров, возгонов редкоземельных металлов, расплава пригодного для производства шлаковаты или каменного литья. Такая технология обеспечивала бы безотходность процесса и снизила бы удельную эмиссию углекислого газа в атмосферу по отношению к каждой из дополнительно выработанной продукции. Поставленная задача решалась **методом предельного энергосбережения** [6], включающий: отбор прогрессивного плавильного оборудования, формирование безотходной технологии исключающей вредные выбросы в окружающую среду и разработки энергосберегающей тепловой схемы переработки сырья.

Результаты экспериментов. Для решения указанной задачи авторы предлагают переработку Экибастузского угля методом плавления – в плавильном агрегате нового поколения - реакторе инверсии фаз [5]. Опытно-промышленное испытание на установке производительностью 1,5 т/ч показали, что степень восстановления германия и цинка из «богатых» шлаков (Ge 110–115г/т. шл., Zn 10–11 %) Усть - Каменегорского свинцово-цинкового комбината в реакторе инверсии фаз составил ~ 70 %. Концентрация цинка в возгонах – 55–60 %, германия – 1, 4–1,6 %. Удельный расход энергии в сопоставимых условиях в 2–3 раза ниже, чем при переработке тех же шлаков в вельцпечи Лениногорского полиметаллического комбината [6]. Установка проработала в температурном режиме расплава 1300–1400 ^{0}С около 1000

часов и показала надежность конструкции плавильного агрегата [6, 7].

Обсуждение результатов экспериментов. Возгонка германия из расплава занимала особое место в экспериментах. Согласно [6] при возгонке цинка в вельцпечи галлий и германий остается в клинкере. Последнее обстоятельство возможно объясняется высокой температурой кипения (2200 ^{o}С), и низким давлением пара при 1300 ^{o}С (1 мм.рт. ст.), галлия и (2850 °С, 0,7 мм.рт. ст) германия, по сравнению с цинком (900 ^{o}С, 40 мм.рт.ст).

Изучение термодинамических характеристик реакций $GeO+CO=Ge+CO_2$, $Ga_2O_3+3CO=2Ga+3CO_2$, $Zn+GeO=ZnO+Ge$, $Ga_2O_3+3Zn=3ZnO+2Ga$ показывает, что значения констант равновесия для них, при температуре расплава 1300–1400 ^{o}С, находится в диапазонах (9,868E-007 - 9,135E-012) [18]. Эти данные также приводит к мысли о малой вероятности восстановления Ge и Ga в условиях процесса.

Поэтому перед экспериментаторами встает вопрос, по какому механизму стало возможно возгонка GeO при температуре расплава 1300–1400 ^{o}С. Результаты обсуждения приводит к выводу, что молекулы GeO могло захватываться парами цинка и выноситься из слоя расплава. Также сделано предположение, что в случае нахождения Ga_2O_3 в шлаке, путь его возгонки может протекать по такому же механизму.

Для изучения возможности плавки смеси золовой части екибастузского угля и известняка на расплав пригодный для производства шлаковаты был произведен технологический расчет для состава ЗШО в %: SiO_2 – 60; Al_2O_3 –25; Fe_2O_3 –10; CaO–5; MgO–0,8. Соотношение: 100кг золошлак/100кг известняк. Полученные расчетные значения модуля кислотности расплава – 1,52, модуля вязкости – 1,2 и показателя водостойкости – 4,42 удовлетворяет получению шлаковаты при температуре 1500 ^{o}С с вязкостью расплава 6,47 Пуаз, что позволяет легко выпускать его из летки [8].

Разработка энергосберегающей тепловой схемы. На основе экспериментальных исследований на пилотной установке по возгонке цинка, германия из металлургических шлаков и технологического расчета композиции «зола/известняк» было разработано принципиальная схема реактора инверсии фаз для безотходного сжигания экибастузского угля под котлом ТЭС [9].

Предлагаемый плавильный реактор будет встроен под холодную воронку котла и работать по следующему принципу (рисунок 1). Смесь дробленого угля и известняка, на первичной вихревой воздушной струе, будут вдуваться в каждые из горелок цилиндрических сепарационных камер реактора с двух боковых сторон. С нижних продувочных решеток будет подаваться вторичный дутьевой воздух. В сепарационных камерах будут протекать горение угля, декарбонизация известняка, химические

реакций образования минералогических фаз, а в ванне, формирование расплава необходимой консистенции, для производства строительной продукций. За пределом реактора расплав будет направляться к следующую технологическую стадию, для получения шлаковаты или каменного литья. Возгоны цинка, галлия и германия в отходящих газах реактора, после охлаждения в котле, будут улавливаться в электрофильтре.

Однако, несмотря на ожидаемой безотходности процесса сжигания угля и улучшении эксплуатационных характеристик котла, данная система не удовлетворяет главному требованию экологии – сокращению выбросов диоксида углерода в атмосферу.

Диоксид углерода может быть отделен от воздуха или дымовых газов с помощью технологий абсорбции, адсорбции, очистки аминами, мембранного газоразделения или газогидратов. [10–16]. Конечной целью перечисленных технологии является захват CO_2 из газов, транспортировка к месту хранения и долгосрочная изоляция от атмосферы. Однако, при всей важности указанных работ в них не ставится задача утилизации CO_2 с использованием энергетической составляющей газа – углерода.

Одним из путей к решению проблемы может быть использование цинка, как реагента, преобразующее CO_2, H_2O в CO, H_2 по формуле: $Zn+CO_2=ZnO+CO$ и $Zn+H_2O=ZnO+H_2$. Выделение углерода из его монооксида может протекать по выражению – $CO+H_2=C+H_2O$.

Согласно [17], цинк – химически активный металл, обладает выраженными восстановительными свойствами, по активности уступает щелочно-земельным металлам. Реагирует с парами воды при температуре красного каления (550 – 650 °С) с образованием оксида цинка и водорода.

При экспериментах на пилотной установке, [6], интенсивность протекания реакций $Zn+H_2O=ZnO+H_2$, $Zn+CO_2=ZnO+CO$ изучали во время возгонки цинка из шлака. При переходе **восстановительных** цинксодержащих газов с реактора (t=1400–1500 °С) во вращающуюся печь с начальной (1400–1500 °С) и конечной температурной зоной (600–550 °С), со временем пребывания потока газов в печи 2–3 секунды, следов конденсированного цинка на поверхности печи не наблюдалось. Данный результат свидетельствует о высокой скорости протекания указанных реакций.

Рисунок 2 демонстрируют восстановительную способность цинка и водорода в пределах температур 400–1000 °С [18]. В данном интервале все три реакций экзотермические, константы равновесия реакций растет с уменьшением температуры, что подтверждает о высокой реакционной способности цинка. В интервале температур 700–800 °С константа равновесия реакции (1) $Zn+H_2O=ZnO+H_2$ в два раза выше чем «К» реакции (2) $Zn+CO_2=ZnO+CO$, что указывает на вероятный опережающий темп развития

реакции (1) перед (2). В промежутке температур 400–500 °С «К» реакции (3) $CO+H_2=C+H_2O$ почти одинакова с «К» реакции (1) $Zn+H_2O=ZnO+H_2$. Из последнего можно заключить, что водород восстановленный в (1) будет успевать расходоваться в (3).

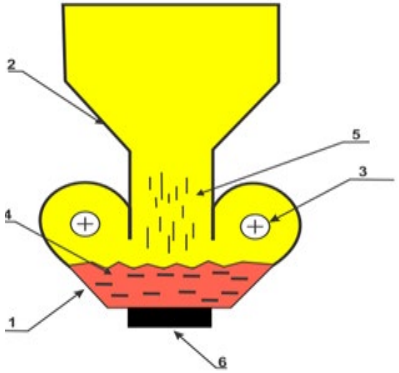


Рисунок 1– Принципиальная схема реактора инверсии фаз для безотходного сжигания экибастузского угля под котлом ТЭС.
1 – реактор инверсии фаз, 2 – котел, 3 – горелочные устройства, 4 – ванна расплава, 5 – газы, возгоны галлия, германия

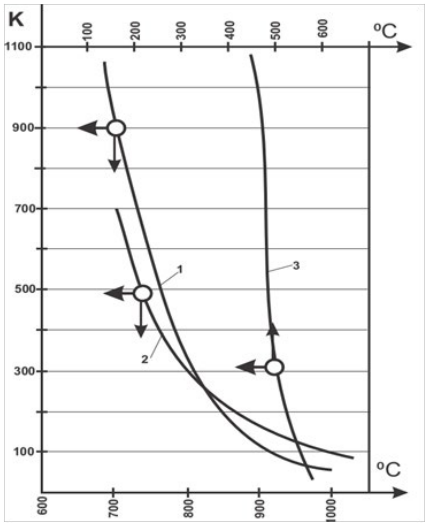


Рисунок 2 – График температурной зависимости констант равновесия реакций: 1 – $Zn+H_2O=ZnO+H_2$, 2 – $Zn+CO_2=ZnO+CO$, 3–$CO+H_2=C+H_2O$

На базе «плавильный реактор-паровой котел», разработана тепловая схема энергосберегающей, безотходной и экологически чистой системы переработки экибастузского угля показанная на рисунке 3. Принцип действия системы следующий. Процесс непрерывный. Дробленая шихта состоящая из экибастузского угля и известняка вдувается в реактор инверсии фаз (РИФ) 2. В РИФ шихта плавится, перегревается, возгоняется из него цинк и германий, а силикатный расплав направляется на производство стройматериалов. Окислитель – обогащенный до 30 % кислородом воздух. Отходящие восстановительные газы РИФ 2 используются по двухпоточной схеме. Первый поток через радиационную часть котла 1 поступает в воздухоподогреватель 4 (ВЗП), а второй поток, после обогрева ретортной печи установки «дистиллятор – конденсатор цинка» 3, также направляется в ВЗП, 4. Конденсированный цинк из 3, посредством водяного пара вырабатываемого в кессонах РИФ 2, диспергируется в межтрубное пространство ВЗП, 4. В межтрубном пространстве ВЗП 4 происходит основные реакций восстановления – $Zn+H_2O=ZnO+H_2$ и $Zn+CO_2=ZnO+CO$. Отходящие газы содержащие H_2, CO и ZnO проходят экономайзерную камеру 5, где происходит реакция замещения – $CO+H_2=C+H_2O$, с выделением атомарного углерода (сажи). Часть сконденсированных водяных паров выводятся из 5. Далее газы с камеры 5 состоящие из H_2O, C, ZnO поступает в электрофильтр 6 (ЭФ) для сепарации сажи (С) и возгонов ZnO от газов. Уходящие газы с ЭФ, включающие в себе в основном водяные пары и азот, с минимальным количеством CO_2 выпускаются в атмосферу. Прогнозные расчеты показывают, что при соответствущей доводке предложенной технологии выбросы CO_2 в атмосферу можно сократить до 50 %. Смесь сажи (С) и возгонов (ZnO, Ga_2O_3, GeO) направляется в установку «дистиллятор – конденсатор цинка» 3, основными продуктами которой являются конденсированный цинк и CO-газ содержащий сублиматы Ga_2O_3 и GeO. CO – газ из конденсатора, после очистки от возгонов галлия и германия в рукавных фильтрах 7, направляется в РИФ в качестве дополнительного топлива.

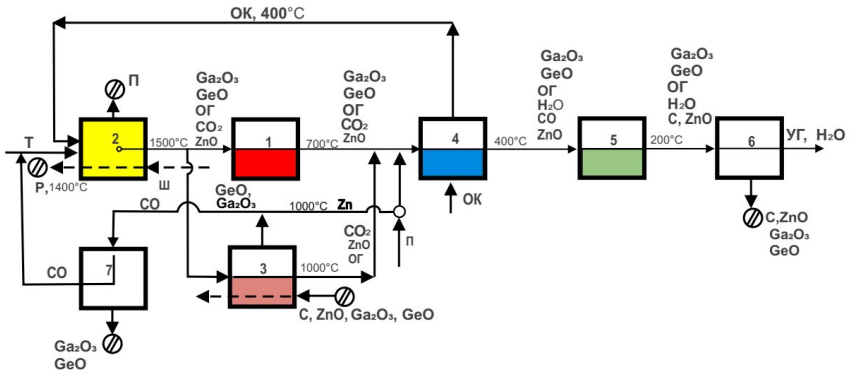


Рисунок 3 – Предлагаемая тепловая схема энергосберегающей, безотходной и экологически безопасной переработки экибастузского угля в агрегате «плавильный реактор - паровой котел», 1-радиационная часть котла, 2 – реактор инверсии фаз, 3 – установка «дистиллятор – конденсатор цинка», 4 – воздухоподогреватель, 5 – экономайзерная камера восстановления углерода из его монооксида, 6 – электрофильтр, 7 – рукавные фильтры. Ш – шихта, Р – силикатный расплав, Т – топливо, ОК – окислитель, П – пар, ОГ – отходящие газы, УГ – уходящие газы, C,CO,CO_2, H_2O – углерод, монооксид и диоксид углерода, пары воды соответственно, Zn, ZnO, Ga_2O_3 и GeO – конденсированный цинк, возгоны цинка, галлия и германия, соответственно

В случае реализации, в предлагаемой системе «плавильный реактор-паровой котел» уменьшатся эксплуатационные издержки производства пара: за счет сокращения плановых остановок котла на чистку поверхностей нагрева от золовых отложений и увеличения срока службы хвостовых поверхностей нагрева связанного с абразивным золовым износом труб [19–23].

Согласно проведенного укрупненного технико-экономического обоснования предлагаемой системы, срок окупаемости вычисленный по временной стоимости денег котла БКЗ-450/39ф ТЭС производящей электрическую, тепловую энергий, возгонов цинка, германия и шлаковатных изделий составит:

$$\tau = \frac{I * n}{\mathrm{NPV}} = \frac{965959238 * 10}{7945764661} = 1.2\,.$$

Здесь I – капитальные вложения, n – срок реализации проекта, количество лет, в течение которых будет получено годовые сэкономленные средства; NPV – чистая приведенная стоимость, разница между настоящей стоимостью всех будущих денежных потоков и первоначальным капиталовложением, с учетом банковской ставки 20 %;

Таким образом, установка плавильного реактора инверсии фаз под котлом БКЗ-450/39ф и применение технологии утилизации диоксида углерода, позволит, кроме производства энергетической продукции, выработать возгоны цинка и германия, шлаковатных изделий, минимизировать выбросы CO_2 в атмосферу до 50 % и вернуть часть углерода CO_2 в процесс в качестве топлива.

Выводы

Предложен плавильный реактор для безотходной переработки экибастузского угля устанавливаемом под котлом ТЭС и способ выделения из CO_2 углерода для его регенеративного использования в процессе.

Разработана энергосберегающая тепловая схема сжигания экибастузского угля в котлах ТЭС минимизирующая выбросы CO_2 в атмосферу до 50 %.

Ожидается, что в случае реализации предлагаемой системы, за счет выработки возгонов цинка, галлия, германия и шлаковатных изделий, срок окупаемости инвестиции составит ~ 1–1,5 лет.

Список использованных источников

1 **Блайда, И. А., Слюсаренко, Л. И., Абишева, З.** Золошлаковые отходы энергетики – сырье для производства редких металлов и глинозема. // Комплексное использование минерального сырья. – № 4. – 2008. – С. 39–51.

2 **Кошумбаев, М. Б.** Переработка промышленных и бытовых отходов. Учебное пособие. – Астана. 2018. – 270 с.

3 Состав и шлакующие свойства золы ЕУ / А. Н. Алеханович, В. В. Богомолов….//Теплоэнергетика. – 1999. – № 5. – С. 29–31.

4 **Михайлов, Юрий Леонидович.** Физико-химические исследования процессов выщелачивания микрокомпонентов золы от сжигания углей Экибастузского бассейна // Автореферат диссертации на соискание степени кандидата химических наук. – 2008. – Омск. 29 с.

5 **Диханбаев, Б. И., Жарменов, А. А., Тельбаев, С. А., Романов, Г. А., Терликбаева, А. Ж., Савельев, А. Г., Диханбаев, А. Б.** Способ переработки цинксодержащих продуктов. А. С. № 30040. Республика Казахстан. 21.05.2002.

6 **Диханбаев, А. Б., Диханбаев, Б. И.** Прогнозные характеристики установки по переработке отвальных цинксодержащих шлаков // Труды междунар.науч. прак.конф. «Перспективные направления развития химии и химической технологии». – Шымкент, 1999. – С. 137–138.

7 **Dikhanbaev, B., Dikhanbaev, A.,Chandima, G.** Energy Efficient System for Galena Concentrate Processing// IEEEAccess ,Volume 7, 2019. NewJersey, USA. PP. 23388-23395Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2019.2895591.

8 **Dikhanbaev, B., Dikhanbaev, A.,Chandima, G.** Energy-saving method for technogenic waste processing// Journal PLoS ONE 12(12):e0187790. IF – 3.54. – San Francisco, California, USA. 2017. – December 27, – P. 1–16. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187790.

9 **Диханбаев, А. Б.Диханбаев, Б.** Перспективы безотходного сжигания екибастузского угля под котлом тепловых электрических станций// Материалы VII Международной научно-практической конференции «Academic science – problems and achievements» – 2015, – North Charleston, USA, – V. 2 – С. 211–217.

10 **Fanchi, John R, Fanchi, Christopher, J.** (2016). Energy in the 21st Century. World Scientific Publishing Co Inc. p. 350. ISBN 978-981-314-480-4.

11 [IPCC, 2005] IPCC special report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prepared by working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, and L.A. Meyer (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 442 pp. Available in full at www.ipcc.chArchived 2010-02-10 at the Wayback Machine (PDF – 22.8MB). Grantham 2019, p. 9.

12 **Rhodes, J. S., Keith, D. W.** (2008). «Biomass with capture: Negative emissions within social and environmental constraints: An editorial comment». Climatic Change. 87 (3–4): 321–328. doi:10.1007/s10584-007-9387-4.

13 **Werner, Constanze; Schmidt, Hans-Peter; Gerten, Dieter; Lucht, Wolfgang; Kammann, Claudia** (2018). «Biogeochemical potential of biomass pyrolysis systems for limiting global warming to 1.5° C». Environmental Research Letters. 13 (4): 044036. doi:10.1088/1748-9326/aabb0e.

14 **Phelps, J; Blackford, J; Holt, J; Polton, J.** (2015), «Modelling Large-Scale CO2 Leakages in the North Sea», International Journal of Greenhouse Gas Control, 38: 210–220, doi:10.1016/j.ijggc.2014.10.013.

15 **Sumida, Kenji; Rogow, David L.; Mason, Jarad A.; McDonald, Thomas** M.; Bloch, Eric D.; Herm, Zoey R.; Bae, Tae-Hyun; Long, Jeffrey R. (2012). "Carbon Dioxide Capture in Metal–Organic Frameworks". Chemical Reviews. 112 (2): 724–781. doi:10.1021/cr2003272. PMID 22204561.

16 **Bryngelsson, Mårten; Westermark, Mats** (2009). »CO2 capture pilot test at a pressurized coal fired CHP plant». Energy Procedia. 1: 1403–1413. doi:10.1016/j.egypro.2009.01.184.

17 **Michael, E., Wieser, Norman Holden, Tyler, B., Coplen, John, K., Böhlke, Michael Berglund, Willi, A., Brand, Paul De Bièvre, Manfred Gröning, Robert, D., Loss, Juris Meija, Takafumi Hirata, Thomas Prohaska,**

Ronny Schoenberg, Glenda O'Connor, Thomas Walczyk, Shige Yoneda, Xiang-Kun Zhu. Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report) (англ.) // Pure and Applied Chemistry. – 2013. – Vol. 85, no. 5. – P. 1047–1078. – doi:10.1351/PAC-REP-13-03-02.

18 Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database. Version 5.1. October 31, 2002.

19 Заявка № 67883 – Патент РК на изобретение. Способ утилизации диоксида углерода в отходящих газах агрегатов./ А. Б. Диханбаев, Б. И. Диханбаев. Опуб. 01.07.2020.

20 **Баубеков, К. Т.** Вредные выбросы в продуктах сгорания газомазутных котлов (корреляционный анализ и опытно-промышленные исследования). – Астана : КАТУ им. С. Сейфуллина, 2017. – 384 с.

21 **Баубеков, К. Т.** Технологические методы снижения токсичности выбросов и перспективы разработки экологически безопасных газомазутных котлов (обзор проблем, аналитические и промышленные исследования). – Астана : КАТУ им. С. Сейфуллина, 2016. – 237 с.

22 **Баубеков, К. Т.** Повышение экологической безопасности газомазутных котлов. Lambert Academic Publishing. Германия, 2018. – 283 с.

23 **Баубеков, К. Т.** Инновационные технологии сжигания в газомазутных котлах (обзор проблем, аналитические и промышленные исследования). Lambert Academic Publishing. Германия, 2018. – 384 с.

References

1 **Blyda, I. A., Slyusarenko, L. I., Abisheva, Z.** Ash and slag waste from the power industry - raw material for the production of rare metals and alumina. // Complex use of mineral raw materials. [Blajda, I. A., Slyusarenko, L. I., Abisheva, Z. Zoloshlakovy`e otxody` e`nergetiki – sy`r`e dlya proizvodstva redkix metallov i glinozema. // Kompleksnoe ispol`zovanie mineral`nogo sy`r`ya]. – № 4. – 2008. – S. 39–51.

2 **Koshumbaev, M. B.** Processing of industrial and household waste. [Koshumbaev, M. B. Pererabotka promy`shlenny`x i by`tovy`x otxodov]. – Uchebnoe posobie. – Astana. 2018. – 270 s.

3 Composition and slagging properties of Ekibastuz Coal's ash / A.N. Alekhanovich, V.V. Bogomolov ... .// Heat Power Engineering. [Sostav i shlakuyushhie svojstva zoly` EU / A. N. Alexanovich, V. V. Bogomolov….// Teploe`nergetika]. – 1999. – № 5. – S. 29–31.

4 Mikhailov Yuri Leonidovich. Physicochemical studies of the processes of leaching of microcomponents of ash from coal combustion in the Ekibastuz basin

// Abstract of the thesis for the degree of candidate of chemical sciences. [Mixajlov, Yurij Leonidovich. Fiziko-ximicheskie issledovaniya processov vy`shhelachivaniya mikrokomponentov zoly` ot szhiganiya uglej E`kibastuzskogo bassejna // Avtoreferat dissertacii na soiskanie stepeni kandidata ximicheskix nauk]. Omsk. – 2008. – 29 p.

5 **Dikhanbaev, B. I., Zharmenov, A. A., Telbaev, S. A., Romanov, G. A., Terlikbaeva, A. Zh., Saveliev, A. G., Dikhanbaev, A. B.** / Method of processing zinc-containing products. A. C. No. 30040. Republic of Kazakhstan. / publ. [Dixanbaev, B. I., Zharmenov, A. A., Tel`baev, S. A., Romanov, G. A., Terlikbaeva, A. Zh., Savel`ev, A. G., Dixanbaev, A. B. Sposob pererabotki cinksoderzhashhix produktov. A. S. № 30040. Respublika Kazaxstan]. – 21.05.2002.

6 **Dikhanbaev, A., Dikhanbaev, B. I.** Predictive characteristics of the installation for the processing of dump zinc-containing slag // Proceedings of the international scientific research, practical conf. «Perspective directions of development of chemistry and chemical technology». [Dixanbaev, A. B., Dixanbaev, B. I. Prognozny`e xarakteristiki ustanovki po pererabotke otval`ny`x cinksoderzhashhix shlakov // Trudy` mezhdunar.nauch. prak.konf. «Perspektivny`e napravleniya razvitiya ximii i ximicheskoj texnologii»]. – Shy`mkent, 1999. – P. 137–138.

7 **Dikhanbaev B., DikhanbaevA.,Chandima G.** Energy Efficient System for Galena Concentrate Processing// IEEEAccess ,Volume 7, 2019. NewJersey, USA. PP. 23388-23395Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2019.2895591.

8 **Dikhanbaev, B., Dikhanbaev, A., Chandima G.** Energy-saving method for technogenic waste processing// Journal PLoS ONE 12(12): e0187790. IF – 3.54. – San Francisco, California, USA. 2017. – December 27, – P. 1–16. https://doi.org/10.1371/journal.pone.018779077.

9 **Dikhanbaev, A. B. Dikhanbaev, B.** Prospects of waste-free combustion of Ekibastuz coal under the boiler of thermal power plants // Proceedings of the VII International scientific and practical conference «Academic science – problems and achievements». [Dixanbaev, A. B. Dixanbaev, B. Perspektivy` bezotxodnogo szhiganiya ekibastuzskogo uglya pod kotlom teplovy`x e`lektricheskix stancij// Materialy` VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Academic science – problems and achievements»]. – North Charleston, USA. – 2015. V. 2 – P. 211–217.

10 **Fanchi, John R.; Fanchi, Christopher J.** (2016). Energy in the 21st Century. World Scientific Publishing Co Inc. – P. 350. – ISBN 978-981-314-480-4.

11 [IPCC, 2005] IPCC special report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prepared by working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, and L. A. Meyer (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 442 pp. Available in full at www.ipcc.chArchived 2010-02-10 at the Wayback Machine (PDF - 22.8MB). Grantham 2019, p. 9.

12 **Rhodes, J. S.; Keith, D. W.** (2008). «Biomass with capture: Negative emissions within social and environmental constraints: An editorial comment». Climatic Change. 87 (3–4): 321–328. doi:10.1007/s10584-007-9387-4.

13 **Werner, Constanze; Schmidt, Hans-Peter; Gerten, Dieter; Lucht, Wolfgang; Kammann, Claudia** (2018). «Biogeochemical potential of biomass pyrolysis systems for limiting global warming to 1.5 °C». Environmental Research Letters. 13 (4): 044036. doi:10.1088/1748-9326/aabb0e.

14 Phelps, J; Blackford, J; Holt, J; Polton, J (2015), «Modelling Large-Scale CO2 Leakages in the North Sea», International Journal of Greenhouse Gas Control, 38: 210–220, doi:10.1016/j.ijggc.2014.10.013

15 **Sumida, Kenji; Rogow, David L., Mason, Jarad A., McDonald, Thomas M., Bloch, Eric D., Herm, Zoey R., Bae, Tae-Hyun, Long, Jeffrey R.** (2012). «Carbon Dioxide Capture in Metal–Organic Frameworks». Chemical Reviews. 112 (2): 724–781. doi:10.1021/cr2003272. PMID 22204561.

16 **Bryngelsson, Mårten; Westermark, Mats** (2009). «CO_2 capture pilot test at a pressurized coal fired CHP plant». Energy Procedia. 1: 1403–1413. doi:10.1016/j.egypro.2009.01.184.

17 **Michael E., Wieser, Norman Holden, Tyler B., Coplen, John K., Böhlke, Michael Berglund, Willi A., Brand, Paul De Bièvre, Manfred Gröning, Robert D., Loss, Juris Meija, Takafumi Hirata, Thomas Prohaska, Ronny Schoenberg, Glenda O'Connor, Thomas Walczyk, Shige Yoneda, Xiang-Kun Zhu.** Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report) (англ.) // Pure and Applied Chemistry. – 2013. – Vol. 85, no. 5. – P. 1047–1078. – doi:10.1351/PAC-REP-13-03-02.

18 Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database. Version 5.1. October 31, 2002.

19 Application No. 67883 - RK patent for invention. Method of utilization of carbon dioxide in waste gases of units. / A. B. Dikhanbaev, B. I. Dikhanbaev. [Zayavka № 67883 – Patent RK na izobretenie. Sposob utilizacii dioksida ugleroda v otxodyashhix gazax agregatov./ A. B. Dixanbaev, B. I. Dixanbaev]. Opub. 01.07.2020.

20 **Baubekov, K. T.** Hazardous emissions in combustion products of gas-oil boilers (correlation analysis and pilot studies). [Baubekov, K. T. Vredny`e vy`brosy` v produktax sgoraniya gazomazutny`x kotlov (korrelyacionny`j analiz i opy`tno-promy`shlenny`e issledovaniya)]. – Astana : KATU im. S. Sejfullina, 2017. – 384 s.

21 **Baubekov K. T.** Technological methods for reducing the toxicity of emissions and prospects for the development of environmentally friendly gas-oil boilers (review of problems, analytical and industrial research). [Baubekov, K. T. Texnologicheskie metody` snizheniya toksichnosti vy`brosov i perspektivy` razrabotki e`kologicheski bezopasny`x gazomazutny`x kotlov (obzor problem, analiticheskie i promy`shlenny`e issledovaniya)]. – Astana : KATU im. S. Sejfullina, 2016. – 237 p.

22. **Baubekov, K. T.** Improving the environmental safety of gas-oil boilers. [Baubekov, K. T. Povy`shenie e`kologicheskoj bezopasnosti gazomazutny`x kotlov]. Lambert Academic Publishing. Germaniya, 2018. – 283 p.

23 **Baubekov, K. T.** Innovative combustion technologies in gas-oil boilers (review of problems, analytical and industrial studies). [Baubekov, K. T. Innovacionny`e texnologii szhiganiya v gazomazutny`x kotlax (obzor problem, analiticheskie i promy`shlenny`e issledovaniya)]. Lambert Academic Publishing. Germaniya, 2018. – 384 p.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Б. И. Диханбаев[1], А. Б. Диханбаев[2]

Екібастұз көмірін қалдықсыз жағу және қалдық газдарда көмірқышқыл газын пайдалану мәселесі туралы

[1]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нур-Султан қ.
[2]Алматы энергетика және байланыс университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

B. I. Dikhanbaev[1], A. B. Dikhanbaev[2]

On the issue of waste-free combustion of Ekibastuz coal and utilization of carbon dioxide in waste gases

[1]Kazakh Agro Technical University S. Suifullin,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
[2]Almaty University of Energy and Communications,
Republic of Kazakhstan, Almaty.

Material received on 11.12.20.

Электр энергиясын өндірудегі жоғары күлді отынды пайдаланатын адамзаттың өндірістік белсенділігі қоршаған ортаға күл қалдықтары мен көмірқышқыл газының шығарылуын үнемі арттырып отырады. Ұсынылған мақалада қазандықтың астына орнатылған балқыту реакторында Екібастұз көмірін ысырапсыз жағудың нұсқасы ұсынылған; атмосфераға «CO_2» шығарындыларын азайту және технологиялық процеске ««CO_2» көміртегісінің бір

бөлігін қайтару үшін энергетикалық параметрлерден басқа, құрылыс материалдарын, мырыш, галлий және германий сублиматтарын өндіруге қолайлы балқыманы алу қарастырылған. Ұсынылған технология негізінде «CO_2, H_2O» реактор газ қалдықтарын мырыш буымен «CO, H_2»-ге дейін төмендету үшін энергияны үнемдейтін жылу схемасы жасалды. Алынған артық сутегі қарапайым көміртекті «CO» -дан ығыстыру үшін қолданылады. Жұмсалған реагент мырыш оксиді, мырыш болып қалпына келгеннен кейін, тұйықталған процесте қолданылады. Егер ұсынылған жүйе бұл іске асырылса, атмосфераға CO_2 тастандылары 50 %-ке кемиді, жұмалған қаржы 1,0–1,5 жылда өтеледі.

Кілтті сөздер: көмірқышқыл газы, инверсия фаза реакторы, мырыш тазарту, күл қалдықтары, германий, галлий шаңдары.

The production activity of mankind using high-ash fossil fuels for electricity generation is steadily increasing ash waste and carbon dioxide emissions into the environment.

The article proposes a variant of wasteless combustion of Ekibastuz coal in a melting reactor installed under the boiler; it is envisaged to obtain, in addition to steam of energy parameters, a melt suitable for the production of building materials, sublimates of zinc, gallium and germanium, to reduce emissions of «CO_2» into the atmosphere and return to the process a part of carbon in «CO_2». An energy-saving thermal diagram of a power plant boiler has been developed on the basis of the proposed technology for the reduction of «CO_2, H_2O» of reactor waste gases with zinc vapor to «CO, H_2». The resulting excessive hydrogen will be used to displace elemental carbon from «CO». The spent reagent, zinc oxide, after recovering into zinc will be used again in the process. In case of implementation, CO_2 emissions into the atmosphere will be cut up to 50 %, the expected payback period of the proposed system will be 1.0–1.5 years.

Keywords: carbon dioxide, reactor inversion phase, zinc distillation, ash waste, germanium, gallium sublimates.

МРНТИ 45.39.29.03

https://doi.org/10.48081/NMAX2632

А. В. Дробинский, А. Ж. Саринова, Д. С. Уразалимова
Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА РОТОРНОГО ТИПА С КЛИНОВИДНЫМ ОБТЕКАТЕЛЕМ

Использование возобновляемых источников энергии, альтернативных сжиганию ископаемого топлива, является одним из путей сохранения окружающей среды на Земле. Наличие значительных свободных пространств и имеющиеся ресурсы ветра и солнца в РК позволяют успешно эксплуатировать имеющиеся солнечные и ветровые электрические станции и вести строительство новых промышленного назначения. Однако для удаленных потребителей использование ресурсов ветра ограничено в связи с отсутствием эффективных отечественных конструкций ветроэнергетических установок.

В статье дано описание работы и показана конструкция ветроэнергетической установки с ветродвигателем «Виндротор» и клиновидным обтекателем. Конструкция обеспечивает эффективное использование энергии ветра, в широком диапазоне скоростей ветрового потока.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветровая энергетика, ветроэлектрические станции, ветроэнергетическая установка, конструкция.

Введение

Одними из главных причин, обуславливающих развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) являются сохранение запасов собственных энергоресурсов для нужд будущих поколений, сохранение окружающей среды и обеспечение энергетической безопасности страны [1].

На данный момент использование ВИЭ активно развивается в Европе, где страны вынуждены закупать топливо для работы традиционных электростанций. Но, по мнению некоторых экспертов [2], в развитии альтернативной энергетики заинтересованы и государства, чья экономика зависит от экспорта нефти и газа. Ведь если в некоторых регионах использовать ВИЭ вместо газа, это топливное сырье можно будет отправить на экспорт.

Наряду со значительными запасами ископаемого органического топлива Республика Казахстан обладает обширными запасами возобновляемых ресурсов и источников энергии (солнечной, ветровой, гидравлической, геотермальной, энергии биомассы и твердых бытовых отходов, водородной и др. альтернативной энергетики).

Ветровая и солнечная энергетика рассматривается правительством РК как один из главных векторов развития энергетики страны в целом [3].

Выставка ЭКСПО-2017, прошедшая в Астане под лозунгом «Энергия будущего» имела конкретные цели [4]. Исследовать новые технологии в энергоснабжении и стимулировать использование ВИЭ, показать необходимость и осуществление эффективного использования энергетических ресурсов.

В РК для выработки электроэнергии разработано и эксплуатируется более 50 отечественных ветровых турбин системы VRTB мощностью до 500 МВт [5]. Однако, это явно недостаточно для значительных свободных пространств и удаленности потребителей.

Более широкое использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) малой и средней мощности в РК ограничивается отсутствием самих конструкций ВЭУ. В статье дано описание одной из нестандартных конструкций ВЭУ, эффективно работающей в широком диапазоне скоростей потока ветра и имеющей повышенную надежность и долговечность.

Материалы и методы

Фундаментальные положения электротехники, электрических машин, статьи/ технические науки, патенты, сравнительный анализ, моделирование.

Результаты и обсуждения

Передовые государства в целях устойчивого развития национальных экономик, а также решения растущих проблем изменения климата усиливают политику энергоэффективности производств и увеличивают долю возобновляемых источников энергии в энергобалансе.

На данный момент использование ВИЭ активно развивается в Европе, где страны вынуждены закупать топливо для работы традиционных электростанций. В Германии, Италии, Испании и Великобритании 30–40 % энергии вырабатывается из ВИЭ, а в Норвегии с учетом гидроэнергетики, около 97 % электроэнергии добывается из альтернативных источников.

Крупнейшие страны мира отказываются от топлива и добывают электричество из воды, солнца и ветра. Более 170 стран запланировали использование возобновляемых источников энергии, 150 из них внедрили политику стимулирования инвестиций в чистую энергию.

Лидерами в развитии «зеленой» энергии на сегодняшний день являются Китай, Дания, Кения, Индия и Исландия. Китай единогласно признается мировым лидером по инвестициям в экологически чистые технологии

в энергетике. В 2016 году Китай построил 77 ГВт солнечных и 149 ГВт ветровых электростанций. Прогнозируется, что доля Китая в глобальной «зеленой» энергетике до 2022 года составит 42 % солнечной энергии, 35 % гидро- и 40 % энергии ветра. Также Китай способствует производству оборудования и сосредоточил 60 % мирового производства солнечных батарей.

Ветроэнергетика на сегодняшний день является самой быстрорастущей отраслью среди альтернативных источников энергии. Темп роста мощностей мировой ветроэнергетики, начиная с 2014 года, составляет 21,4 % в год. Прирост суммы мощностей ветроэнергетических станций (ВЭС) в мире, составил в среднем 38–40 ГВт в год.

Современная ветровая турбина способна производить электричества в 180 раз больше, чем 20 лет назад.

Альтернатива ВЭС – солнечные электростанции (СЭС), которые могут работать по нескольким принципам. В одном случае с помощью сфокусированных солнечных лучей нагревают резервуар с водой (температура пара в нем может доходить до 700 °С), в другом – используются фотобатареи. Второй тип гораздо проще соорудить, устанавливать фотоэлементы можно практически везде, а стоимость их продолжает снижаться с развитием технологии производства.

Основная проблема практически всех перечисленных выше источников заключается в их нестабильности. Современные аккумуляторы не позволяют накапливать такое количество энергии, чтобы без потерь мощности использовать ее в ночное время или во время штиля.

Ветровая и солнечная энергетика рассматривается правительством РК как один из главных векторов развития энергетики страны в целом.

По итогам 2019 года в Казахстане действуют 90 объектов ВЭИ суммарной мощностью 1050,1 МВт (19 ВЭС–283,8 МВт; 31 СЭС–541,7 МВт; 37 ГЭС – 222,2 МВт; 3 БиоЭС – 2,42 МВт. Доля ВЭИ составила 2,2 % в общем объеме производства электроэнергии. В развитие возобновляемой энергетики вкладываются значительные инвестиции, чему способствует весьма значительный потенциал возобновляемых источников энергии в Казахстане, законодательная база и принятые целевые индикаторы. В соответствии со Стратегическим планом развития РК долю возобновляемой энергетики в общем объеме производства электроэнергии необходимо довести до 3 % в 2020 году, до 6 % в 2025 году, к 2030 году – 10 %, к 2050 году – 50 %.

На настоящее время Стратегический план успешно реализуется.

В Карагандинской области запущены в работу четыре солнечных электростанции мощностью 200 МВт и в 2021 году в Балхаше запустят еще одну СЭС на 100 МВт. Станция будет состоять из 192 350 двусторонних фотоэлектрических панелей. Каждая мощностью 520 Вт. Благодаря запуску этой солнечной электростанции выбросы углекислого газа сократятся на

170 тысяч тонн в год. Кроме этого, в области функционируют биогазовые станции и мини-гидроэлектростанция. Общая выработка по всем возобновляемым источникам энергии по итогам 2019 года составила 176 млн кВт/ч.

В Акмолинской области реализуется три проекта по выработке электроэнергии из альтернативных источников энергии – две ВЭС мощностью 100 МВт и 50 МВт, и СЭС мощностью 120 МВт.

В Алматинской области запущены в производство СЭС Nurgisa мощностью 100 МВт и ВЭС мощностью 60 МВт с перспективой расширения до 300 МВт. На СЭС установлено 303 тысячи поликремниевых панелей, каждая из них вырабатывает 330 Вт.

Запущены в работу и завершается строительство новых ветровых и солнечных электростанции, общей мощностью 225 МВт в Мангыстауской области. В перспективной программе развития такие комплексы будут возведены еще в трех районах.

ВЭС мощностью 100 МВт построят в Жамбылской области и до 2023 года там построят еще 24 объекта возобновляемых источников энергии [6].

Благодаря планомерной работе по наращиванию мощностей, по итогам 2020 года в РК будет работать 108 объектов ВИЭ мощностью 1610 МВт, к концу 2024 года в энергосистеме мощностей возобновляемой энергии будет не менее 3000 МВт.

По прогнозам Европейского Совета по возобновляемым источникам энергии, мощность, получаемая от ВЭУ, к 2030 году должна покрыть более 30 % общемировой потребности.

Следует отметить, что попытки использовать ВЭС малайзийских, германских или японских производителей ни в долине Джунгарских ворот, ни в Чиликском коридоре к существенным успехам не привели. В основном из-за их технического несоответствия казахстанским энергосетям и сильным ветрам. Разработки же наших ученых приемлемы к местным условиям. Однако, отечественная ветроэнергетика до сих пор не получила должного развития из-за отсутствия финансовых средств.

В Казахстане разработано несколько вариантов ветровых установок для выработки электроэнергии, например виндроторы – VRTB профессора А. В. Болотова, двухопорный турбинный генератор М.Камбарова, перевернутый пирамидообразный многоярусный вентилятор Т.Қонақбаева, ветроэлектростанция Буктукова и др [7, 8]. Разработана ветроэнергетическая установка с изменяющимся углом наклона ветродвигателя к потоку ветра с конусообразным обтекателем и винтообразными лопастями на цилиндрической поверхности ветроколеса [9], а также ветроколесо с втягивающимися винтообразными лопастями [10] и др.

ВЭУ роторного типа, по сравнению с ВЭУ пропеллерного типа, имеют большую надежность при эксплуатации, технически соответствуют сильным ветрам и обеспечивают выработку электроэнергии в широком диапазоне скоростей ветра.

В статье дано описание одной из нестандартных конструкций ВЭУ роторного типа, эффективно работающей в широком диапазоне скоростей потока ветра и имеющей повышенную надежность и долговечность [11].

Для этого в ВЭУ, показанной на рисунках 1 и 2, ветроколесо выполнено в виде ветродвигательного устройства «Виндротор», установлены два электрогенератора. Конструкция передаточного механизма позволяет одновременно передавать вращательное движение двум и более генераторам.

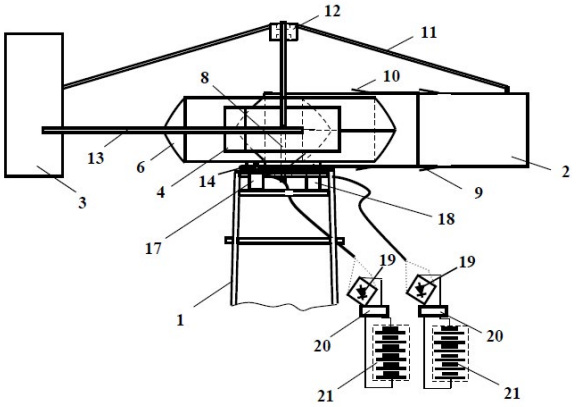


Рисунок 1 – Ветроэнергетическая установка, вид сбоку

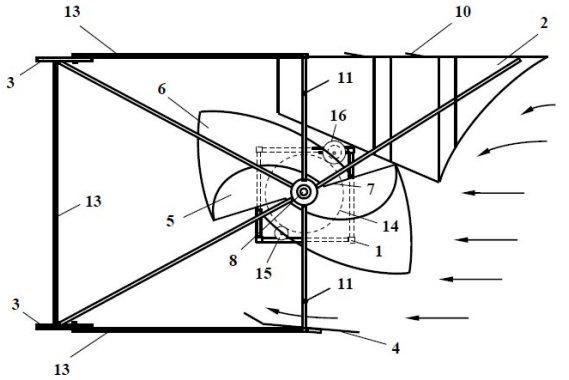


Рисунок 2 – Ветроэнергетическая установка, вид сверху

Предлагаемая конструкция ВЭУ содержит опорную конструкцию 1, клиновой флюгер 2 с криволинейным откосом, ветровые стабилизаторы 3, уравновешивающую пластину 4, ротор, выполненный в виде двух смещенных относительно оси вращения дугообразных лопастей 5, обращенных друг к другу вогнутыми сторонами, прикрепленные к лопастям 5 конусообразные обтекатели 6 и встроенный жалюзный аппарат 7. Ротор, с возможностью вращения, укреплен на неподвижной вертикальной оси 8. Клиновая часть флюгера 2 имеет щелевые отверстия 9, прикрытые с наветренной стороны наклонными козырьками 10. Щелевые отверстия 9 и козырьки 10 располагаются на верхней, нижней и боковой части флюгера 2. Наветренная криволинейная часть флюгера 2 выполнена гладкой. Флюгер 2 подвешен с помощью растяжек 11 к подпятнику 12, установленному на подшипниках, на оси 8. К подпятнику 12 с помощью растяжек и подвесов жестко закреплена уравновешивающая пластина 4, имеющая прямолинейный сгиб в сторону рабочего колеса. На внешних сторонах флюгера 2 и уравновешивающей пластины 4 расположены продольные и поперечные тяги 13, на которых с подветренной стороны ветроэнергетической установки закреплены стабилизаторы 3. Флюгер 2, ветровые стабилизаторы 3, и уравновешивающая пластина 4 представляют собой единую жесткую конструкцию с возможностью установки на отдельном подшипниковом узле, закрепленном на неподвижной оси 8. Передаточный механизм, выполнен однозвенным в виде общего зубчатого колеса 14 и двух зубчатых шестерней 15, 16 с разными диаметрами, с возможностью одновременной передачи крутящих моментов по крайне мере двум генераторам 17 и 18. Электрические цепи генераторов 17 и 18 через выпрямители 19 и реле-регуляторы 20, соединены с аккумуляторами 21.

К нижней плоской части ротора прикреплено зубчатое колесо 14, диаметр которого меньше расстояния между внешними сторонами дугообразных лопастей. Вращательное движение ротора одновременно передается двум электрическим генераторам 17 и 18 посредством зубчатых пар.

Генератор 17 с большим передаточным числом зубчатой пары вырабатывает электрическую энергию при малых и средних скоростях потока ветра, поступающего на лопасти ветродвигателя, а генератор с меньшим передаточным числом зубчатой пары - при средних и высоких скоростях потока ветра. Выработка электрической энергии вторым генератором 18 приводит к снижению числа оборотов ротора ветродвигателя и эффективному использованию энергии ветра при высоких его скоростях.

Сконцентрированное действие потока ветра только на открытую половину рабочего колеса, ограждение клиновым флюгером дугообразных лопастей, движущихся встречно потоку ветра и прикрытых конусообразными обтекателями, наличие щелевых отверстий с козырьками в закрытых частях

флюгера способствуют созданию на рабочем колесе максимально возможного крутящего момента и существенно повышают КПД ветродвигателя.

Эффективная выработка электрической энергии генераторами в широком диапазоне скоростей ветра обеспечивают наиболее полное преобразование энергии ветра в полезную работу.

Установка работает следующим образом. Под воздействием уравновешенных усилий ветра, действующих на стабилизаторы 3, уравновешивающую пластину 4 и флюгер 2, флюгер самоустанавливается острым клиновым концом навстречу ветру. В этом положении с наветренной стороны воздушный поток воздействует только на открытую половину ветроколеса. При этом в местах кратчайших расстояний между внешним радиусом рабочего колеса и клиновой частью флюгера, а также в месте изгиба уравновешивающей пластины на рабочее колесо воздействует сконцентрированный воздушный поток. Наличие щелевых отверстий 9 с козырьками 10 приводит к понижению давления в закрытых частях флюгера 2, что вместе с конусообразными обтекателями 6 существенно уменьшает тормозящее лобовое сопротивление воздуха на лопасти. Указанное сочетание конструкций флюгера, уравновешивающей пластины, стабилизатора и ветроколеса способствуют созданию максимально возможного крутящего момента ротора ветродвигателя. Вращательное движение ротора через зубчатое колесо 14 и зубчатые шестерни 15, 16 передает крутящие моменты валам генераторов 17 и 18. Электрическая энергия, вырабатываемая генераторами 17 и 18, через соединительные провода, выпрямители 19, реле-регуляторы 20 поступает на зарядку аккумуляторных батарей 21.

Для изготовления ветроэнергетической установки используются не дорогостоящие материалы и изделия. Преимущество использования предлагаемой ветроэнергетической установки заключается в высоком КПД энергии ветра, в эффективной выработке электрической энергии в широком диапазоне скоростей ветра, в простоте конструкции, низкой стоимости, применении изделий заводского изготовления.

Данная конструкция ВЭУ может быть использована как экологически чистый альтернативный источник энергии для электроснабжения бытовых потребителей на отгонных пастбищах, фермерских хозяйствах и др.

Выбор конструкции ВЭУ определяется объектом, на котором планируется её установить, а также необходимым количеством энергии, потребляемой объектом, в течение нужного периода времени и среднегодовой скорости ветра в регионе, установки ВЭУ.

В Павлодарской области также возможно полезное использование энергии ветра. Среднегодовая скорость ветра 4,5 – 4,6 м/с, при этом 103 часа в году его скорость минимальна – 2,5 м/с. Следовательно, при правильном подборе площадки и мощности ВЭУ возможно использование энергии ветра

в нашем регионе.

Если ВЭУ планируется использовать для электроснабжения дома с непостоянным проживанием, то приемлем вариант лёгкой модели ВЭУ мощностью 300 Вт. Она быстро устанавливается. Для частных домов с постоянным проживанием приемлемым решением станет ВЭУ мощностью 5 кВт и более. Эта ВЭУ также подойдет для небольшого предприятия или торгового объекта: автозаправочной станции, кафе, магазина, фермерского хозяйства.

Выводы

ВЭУ роторного типа с клиновым обтекателем и двумя и более генераторами при сильных ветрах обеспечивают выработку электрической энергии в большем количестве, чем при умеренных ветрах и работе одного генератора.

ВЭУ роторного типа, по сравнению с ВЭУ пропеллерного типа, имеют большую надежность при эксплуатации, технически соответствуют сильным ветрам и обеспечивают выработку электроэнергии в широком диапазоне скоростей ветра.

Список использованных источников

1 **Городов, Р. В., Губин, В. Е., Матвеев, А. С.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: – Томск : ТПУ, – 2009. – 294 с.

2 Солнце обгоняет ветер в энергетике. 10.09.2020. [Электронный ресурс]. – http : // www.bp.com / en / global / corporate / energy-economics / statistical-review-of-world-energy.html.

3 Стратегия «Казахстан – 2050». 20.12. 2012. [Электронный ресурс]. – https://primeminister.kz/ru/gosprogrammy/strategiya-kazahstan–2050.

4 Энергия будущего главная тема ЭКСПО – 2017. 16.05.2019. [Электронный ресурс]. – http : // vechastana.kz / politika / energiya-budushchego-glavnaya-tema-ekspo – 2017.

5 **Дробинский, А. В., Кадкин, А. Г.** Ветроэнергетика Казахстана // Вестник ИнЕУ. – 2012. – № 1. – С. 110–112.

6 Джамб. Область. 01. 10.12. [Электронный ресурс]. – https : // 24. kz / ru / news / economyc / item / 329419 – stroitelstvo-ves-moshchnostyu-100-mvt-nachalos-v-zhambylskoj-oblasti.

7 ВЭУ Болотова. [Электронный ресурс]. – https : // www.inform. kz/ru/dvuhrotornaya-vetroustanovka-s-uskoritelem-vetrovogo-potoka_ a2972139.

8 Пат. 27817 РК. Ветроэлектростанция Буктукова / Буктуков Н. С., Буктуков Б. Ж., Жакып А. К., Молдабаева Г. Ж.; опубл. 18.12.2013, бюл. № 12. – 10 с.

9 Пат. 27937 РК. Ветроэнергетическая установка / Дробинский А. В., Змазнева Н. О., Аминов Р. И., Самков А. Ю.; опубл. 25.12.2013, бюл. № 9. – 5 с.

10 Пат. 26105 РК. Ветроколесо / Дробинский А. В., Шапкенов Б. К., Кайдар А. К.; опубл. 14.09.2012, бюл. № 9. – 5 с.

11 Пат. 2836 РК. Ветроэнергетическая установка / Дробинский А. В., Баймуханова А. С., Андреянов Д. Д.; опубл. 04.06.2018, бюл. № 20. – 5 с.

12 **Дробинский, А. В., Кадкин, А. Г.** Сравнительная оценка эффективности вертикально-осевых и горизонтально-пропеллерных ветроэнергетических установок // Вестник ИнЕУ. – 2012. – № 1. – С. 107–110.

References

1 **Gorodov, R. V., Gubin, V. E., Matveev, A. S.** Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki energii [Gorodov R. V., Gubin V. E., Matveev A. S. Unconventional and renewable energy sources]: – Tomsk : TPU, – 2009. – 294 p.

2 Solnce obgonyaet veter v energetike. [The sun overtakes the wind in energy]. 10.09.2020. [Electronic resource]. – http : // www.bp.com / en / global / corporate / energy-economics / statistical-review-of-world-energy.html.

3 Strategiya «Kazahstan – 2050» [Strategy "Kazakhstan – 2050"]. 20.12. 2012. [Electronic resource ecypc]. – https://primeminister.kz/ru/gosprogrammy/strategiya-kazahstan-2050.

4 Energiya budushchego glavnaya tema EKSPO – 2017 [Energy of the future the main theme of EXPO – 2017]. 16.05.2019. [Electronic resource]. – http : // vechastana.kz / politika / energiya-budushchego-glavnaya-tema-ekspo – 2017 /.

5 **Drobinskij, A. V., Kadkin, A. G.** Vetroenergetika Kazahstana // Vestnik InEU [Drobinskij A. V., Kadkin A. G. Wind power in kazakhstan]. – 2012. – No. 1. – P. 110 – 112.

6 Dzhamb. Oblast' [Jamb. Region]. 01. 10.12. [Electronic resource]. – https : // 24. kz / ru / news / economyc / item / 329419 – stroitelstvo-ves-moshchnostyu-100-mvt- nachalos-v-zhambylskoj-oblasti.

7 VEU Bolotova. [Electronic resource]. – https : // www.inform. kz/ru/dvuhrotornaya-vetroustanovka-s-uskoritelem-vetrovogo-potoka_ a2972139.

8 Patent 27817 RK. Vetroelektrostanciya Buktukova [Wind power plant Buktukova] / Buktukov N. S., Buktukov B. ZH., ZHakyp A. K., Moldabaeva G. ZH. 18.12.2013, byul. № 12. – 10 c.

9 Patent 27937 RK. Vetroenergeticheskaya ustanovka / Drobinskij A. V., Zmazneva N. O., Aminov R. I., Samkov A. YU.; opubl. [Patent 27937 RK. Wind power plant / Drobinsky A. V., Zmazneva N. O., Aminov R. I., Samkov A. Yu] publ. 12/25/2013, bul. No. 9. – 5 p.

10 Patent. 26105 RK. Vetrokoleso / Drobinskij A. V., SHapkenov B. K., Kajdar A.K.; opubl [Patent. 26105 RK. Wind wheel] 14.09.2012, , bul. No. 9. – 5 p.

11 Patent 2836 RK. Vetroenergeticheskaya ustanovka / Drobinskij A. V., Bajmuhanova A. S., Andreyanov D. D. [Patent 2836 RK. Wind power plant / Drobinsky A. V., Baimukhanova A. S., Andreyanov D. D]; publ. 04.06.2018, bul. No. 20. – 5 p.

12 **Drobinskij, A. V., Kadkin, A. G.** Sravnitel'naya ocenka effektivnosti vertikal'no-osevyh i gorizontal'no – propellernyh vetroenergeticheskih ustanovok [Drobinsky A. V., Kadkin A. G. Comparative assessment of the efficiency of vertical-axial and horizontal-propeller wind power plants] // Vestnik InEU. – 2012. – No. 1. – S. 107 – 110.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

А. В. Дробинский, А. Ж. Саринова, Д. С. Уразалимова

Электролиз өндірісінің түзеткіш трансформатор қондырғысы мен айнымалы ток өткізгіштің қорғаныс құрылғысы

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

A. V. Drobinskiy, A. Zh. Sarinova, D. S. Urazalimova

Wind power plant of rotary wedge shield type

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 11.12.20.

Электролиз өндірісі үшін электрмен жабдықтау көбінесе басқару трансформаторы мен түзеткіш трансформатор қондырғысының көмегімен жүзеге асырылады. Әдеттегідей, трансформаторларды шиналардың қысқа тұйықталуынан қорғау шамадан тыс ток, қорғаныс және газдан қорғаныс арқылы жүзеге асырылады. Алайда, осы қорғаудың әрқайсысының белгілі бір кемшіліктері бар. Мақалада электролиз өндірісінің түзеткіш трансформатор блогын және магниттік ток трансформаторларын қолданатын айнымалы ток өткізгіштің қорғаныс құрылғысы ұсынылған.

Кілтті сөздер: электролиз, трансформатор, өткізгіш, магниттік ток трансформаторы, релелік қорғаныс.

The use of renewable energy sources, alternative to burning fossil fuels, is one of the ways to preserve the environment on Earth. The presence of significant free spaces and the available wind and sun resources in the Republic of Kazakhstan make it possible to successfully operate the existing solar and wind power stations and build new industrial facilities. However, for remote consumers, the use of wind resources is limited due to the lack of efficient domestic designs of wind power plants.

The article describes the work and shows the design of a wind turbine with a Vindrotor wind turbine and a wedge-shaped fairing. The design ensures efficient use of wind energy in a wide range of wind speeds.

Keywords: renewable energy sources, solar energy, wind energy, wind power plants, wind power plant, design.

ҒТАМР 04.51.59

https://doi.org/10.48081/KGGO4349

Қ. Т. Есбосынов[1], С. Ж. Кабикенов[2], Н. С. Сембаев[3], А. М. Жакупов[4]

[1.2]Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

[3.4]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

АВТОМОБИЛЬДІК ДИЗЕЛЬДІ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРІН РЕСУРС ҚАЖЕТТІЛІГІН БОЛЖАУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Қазақстандағы көлік жүйелерінің қазіргі жағдайы мен оның дамуы көліктен тасымалданатын жүктердің жалпы көлеміндегі автокөлік тасымалдары үлесінің айтарлықтай басым болуымен сипатталады.

Карьерлік автомобиль көлігінің тиімділігі, көлік жұмысын жүзеге асыруға арналған шығындар және олардың қоршаған ортаға әсері көп жағдайда жылжымалы құрамын пайдаланудың нақты жағдайларында берілген функцияларды орындауға қаншалықты жетілдірілген, сонымен қатар жарамды болуымен айқындалады. Автокөлік туралы ғылымның негізін қалаушы академик Е. А. Чудаков автокөлік конструкциясы өз дамуында пайдалану талаптарына бағынуы тиіс екенін атап өтті. Сондықтан конструкторларға әртүрлі жол және табиғи-климаттық жағдайларда автокөліктерді пайдалану кезінде конструкция талаптарының ерекшеліктерін білу қажет.

Іштен жану қозғалтқыштарының ұзақ мерзімділігі моторесурстармен анықталады, ол пайдалану жағдайында қалыпты механикалық үйкелудің қозғалтқыш үрдісіне ұшырайтын негұрлым жауапты бөлшектер мен тораптардың қызмет ету мерзімі бойынша орнатылады. Дизельді зауыттық жөндеу иінді білікті жөндеу қажеттілігінен туындайды. Цилиндр поршень тобын бөлшектеумен ағымдағы жөндеу поршень сақиналары мен цилиндр төлкелерінің тозуымен байланысты болады.

Кілтті сөздер: карьерлік өзіаударғыш автокөлік, қозғалтқыштың сенімділігі, лектік параметр, ағымдағы жөндеу, үлестіру параметрлері, математикалық күту, үлестіру заңы, композиция дисперсиясы, жоспарлы жүріс жолы.

Кіріспе

Автомобиль көлігі әртүрлі тау-кен-геологиялық, климаттық және тау-кен техникалық жағдайларға байланысты ашық тау-кен қазбаларында кеңінен қолданылады. Тау-кен өнеркәсібінің түрлі салаларында автокөліктермен тау-кен өнімдерін тасымалдау көлемі 40–60 % құрайды. Автомобиль көлігі тау-кен-руда өнеркәсіптерінде кеңінен таралған. Ашық тау-кен қазбаларында, әсіресе климаттық жағдайлары суық өңірлерде көліктің жетекші түрлерінің бірі автомобиль көлігі болып табылады.

Карьерлік автокөліктерді пайдалану үрдістерін жетілдірудің негізгі бағыттарын негіздеу кезінде алынатын нәтиже автокөлік жұмысын ұйымдастыруды жетілдіру жөніндегі іс-шараларды қолдану саласына байланысты екенін ескеру қажет. Мәселен, ашық цикл бойынша ауысым ішінде автокөлік жұмысын басқаруды автоматтандыру кезінде әрбір автокөліктің ауысым уақытын пайдалану деңгейі 7–12 %-ға жоғарылайды. Карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің тәуліктік жұмыс режимін ұтымды қолданудың арқасында парктің жас құрылымына байланысты жылдық жұмыс уақытының қорын пайдалану 15–22 %-ға жақсарады, ал автокөліктер саны мен карьер автопаркінің қызмет көрсету құрамының саны пропорционалды түрде қысқарады. Үлкен жүкті автокөліктердің тұрып қалуының едәуір қысқаруына (уақыттың 25–35 %-ға дейін) карьерлік өзіаударғыш автокөліктерге техникалық қызмет көрсету және жөндеу режимдері мен әдістерін жетілдіру нәтижесінде қол жеткізілуі мүмкін. Бұл автошаруашылықта карьерлік өзіаударғыш автокөліктерге қызмет көрсету және жөндеу бойынша технологиялық үрдістерді өндіру саласындағы жетілдірумен және рационалдандырумен тікелей байланысты және өз кезегінде қызмет көрсету құрамының жұмыс уақытын 1,5–2 есе арттыруға сонымен қатар автомобиль көлігін пайдаланудың еңбек сыйымдылығын 20–30 % қысқартуға ықпал етеді [1].

Карьерлік өзіаударғыш автокөліктерді ағымдағы жөндеудің еңбек сыйымдылығы сенімділік деңгейіне, техникалық пайдалану технологиясының жетілуіне, автокөліктердің жұмыс жағдайына және оның «жылына» байланысты.

Карьерлік өзіаударғыш автокөліктерді пайдалану жағдайы бойынша жүргізілген зерттеулер көліктерді қолдану мүмкіншілігінің кең екендігін көрсетеді. Бұл факторлар тораптардың, агрегаттардың және жүйелердің сенімділігіне көп әсерін тигізеді. Өз кезегінде, карьерлік өзіаударғыш автокөліктерді пайдалану кезінде тау-кен өнімдерін тасымалдауға қажетті шығындардан (жүргізушілердің еңбекақысы, жанар-жағармай материалдары және басқа да шығындар) басқа, дөңгелектерді, тораптарды, агрегаттарды және көліктерді жөндеуге, қалпына келтіруге және оларға техникалық қызмет

көрсетуге едәуір қаражат жұмсау талап етіледі. Бұл шығындар барлық шығындардың шамамен 10% құрайды. Сондықтан тораптың, агрегаттың және жүйенің конструкциясы неғұрлым сенімді болған сайын, олар техникалық қызмет көрсетуге бейімделген болса, адам ресурстары мен ақша қаражаты соғұрлым оларды жөндеу мен пайдалануға жұмсалатын болады.

Әртүрлі карьерлік жағдайлар карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің тораптарына, агрегаттарына және жүйелеріне бірдей дәрежеде әсер етпейді [2].

Зерттеудің нысаны: Ашық карьерден тау жыныстары мен минералды заттарды тасымалдау үшін қолданылатын карьерлік өзіаударғыш автокөліктер.

Зерттеудің пәні: Карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің сенімділігінің пайдалану көрсеткіштері.

Мақсаты: Карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің жұмысының сапа көрсеткіштерін болжау және жоспарлау, олардың жұмысының техникалық және пайдалану көрсеткіштерін жақсарту бойынша бағалау әдістемесін әзірлеу.

Міндеті: Карьерлік өзіаударғыш автокөліктерді сынаудың техникалық-пайдалану көрсеткіштерін арттыратын негізгі қызмет түрлерін қолдану, болжау және жоспарлаудың ғылыми негізделген әдістемесін әзірлеу.

Зерттеудің әдістері мен нәтижесі: Карьерлік өзіаударғыш автокөліктердің жұмыс сапасын нақты бағалаудың әдістемесін әзірлеу, оның негізінде техникалық және пайдалану көрсеткіштерінің стандартты мәндері белгіленеді.

Пайдаланудың нақты жағдайларында автокөлік қозғалтқыштарын сынау материалдарын жалпылама талдау көрсеткендей, жөндеудің әр түрін жүргізу кезінде кейбір ұштасқан элементтерді ілеспе ауыстыруды жүргізу қажеттілігі туындайды. Бұл, ең алдымен, олардың орташа ресурстарының салыстырмалы жақындығына қарамастан, жекелеген құрылымдық элементтердің ресурстарын бөлу вариациясының коэффициенттерінің айырмашылығымен түсіндіріледі.

Бұдан басқа, құрылымдық элементтер ресурстарын бөлу вариациясының қолданыстағы коэффициенттері техникалық-экономикалық өлшем бойынша анықталған озық топтық алмастыру жүйелерін кеңінен қолдануды болдырмайды, бұл қажеттілік бойынша ауыстыру жүйелерін пайдалану арқылы қосалқы бөлшектерге қажеттілікті болжау қажеттілігін туындатады.

Осыған байланысты қатаң регламенттеу ақталмаған немесе орынсыз болған жағдайда барлық ықтимал жағдайларды қамту мақсатында құрылымдық элементтердің ауысуының икемді жүйесін әзірлеу талап етілді. Ал, бұл білікті өндірістік қызмет көрсету құрамына бірлескен алмастыру топтарын өз бетінше жинақтауға мүмкіндік береді.

Қолданбалы математиканың, тез әрекет ететін есептеуіш техниканың және өндірісті жедел басқарудың жаңа әдістерінің табысты дамуы жылжымалы құрамды жетілдіру және карьерлік автомобиль көлігін пайдалану міндеттерін шешу үшін қолайлы жағдай жасайды [3].

Сондықтан талап етілетін көлемде ағымдағы жөндеуді орындауды қамтамасыз ететін қосалқы бөлшектердің ықтимал номенклатурасын сандық бағалауды ағымдағы жөндеу кезінде $К_а$ бөлшектерінің ауысым коэффициентімен сипаттау ұсынылады.

$К_а$ ауысым коэффициенті j-ші атаудағы бөлшектердің істен шығу санын математикалық күту қозғалтқыштың жөндеуаралық жүрісіне анықталған осы бөлшекті ауыстыру мүмкін болатын і-ші түрлі ағымдағы жөндеулер санын математикалық күтуге қатынасымен анықталады.

$$K_{\text{см}\,j} = \frac{\Omega \cdot \left(L = L_{\text{р}}\right)}{\Omega_{\text{тр}i}\left(L = L_{\text{р}}\right) \cdot \text{n}_{j}} \qquad (1)$$

мұндағы n_{j} – қозғалтқышқа j – матаудағы бөлшектердің саны (мысалы, сегіз цилиндрлік қозғалтқыштың поршеньі үшін $\text{n} = 8$).

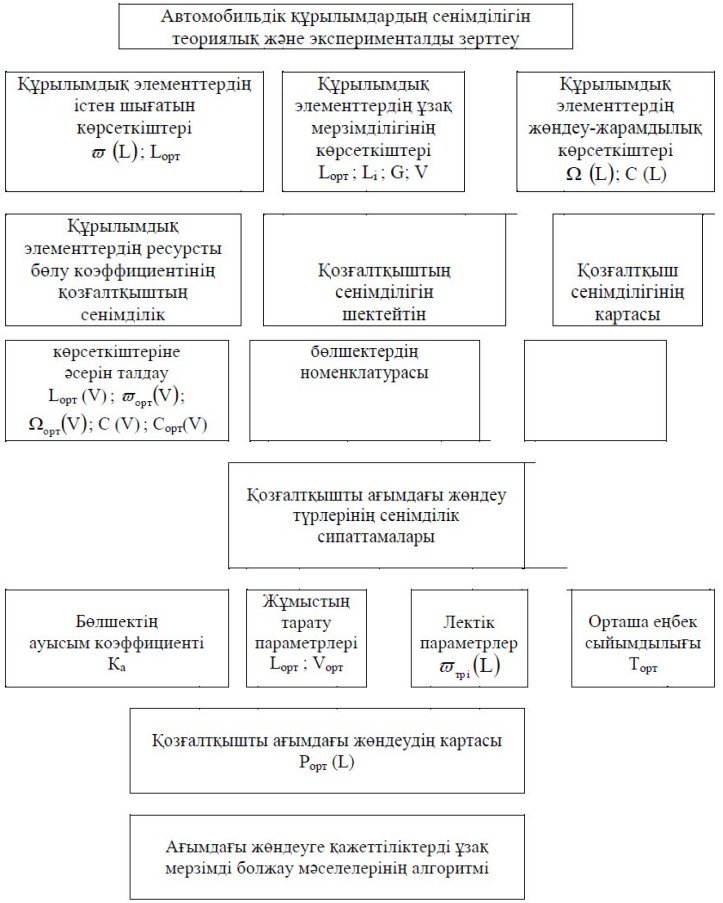
Осылайша, $K_{\text{а}}$ ауысым коэффициенті қозғалтқышта j бөлшектері жиынтығының үлесімен өлшенеді. $K_{\text{а}}$ ауысым коэффициенті сондай-ақ статистикалық және сандық түрде j атауындағы $R_{\text{і}}$ бөлшегінің ауысулар санының $N_{\text{тр}i}$ ағымдағы жөндеулер санына қатынасымен анықталады, оны жүргізу кезінде осы бөлшекті (бақылаудың едәуір үлкен кезеңінде) ауыстыруға болады.

$$K_{\text{см}\,j} = \frac{\text{R}_{j}}{\text{N}_{\text{тр}i} \cdot \text{n}_{j}} \qquad (2)$$

Сандық мәндері $K_{\text{а}} < 1$ болған жағдайда, $K_{\text{а}}$ ауысым коэффициентінің арақатынасын әрқашан қанағаттандыратындығын айта кету керек.

Ауысым коэффициенті $K_{\text{а}} = 1$ болған жағдайда, ағымдағы жөндеуге қатысты бөлшектерді міндетті түрде ауыстыру қажет.

Ауысым коэффициенті $K_{\text{а}} < 1$ болған жағдайда, бөлшектерді ауыстыру кезінде ағымдағы жөндеу бойынша қажеттіліктері жүргізіледі.



Сурет 1 – Автокөлік қозғалтқыштарының сенімділігін зерттеу

Ауысым коэффициентінің мәнін, сондай-ақ ағымдағы жөндеудің болжамды санын пайдалана отырып, қаралатын бөлшектерді ауыстыру мүмкін болған жағдайда, оларды пайдаланудың жоспарланатын кезеңдегі қажетті санын анықтауға болады:

$$M_i = K_{\text{см}\,j} \cdot n_i \cdot N_{\text{тр}i}, \text{ дана / жоспарлы жүріс жолы} \qquad (3)$$

Бөлшектердің ауысым коэффициенттері қажеттілік бойынша жекелеген элементтердің ауысуын ескере отырып, j – түрінің бір ағымдағы жөндеуін

жүргізу үшін қажетті қосалқы бөлшектердің орташа құнын анықтауға мүмкіндік береді, бұл жоспарлау үшін маңызды болып саналады:

$$C_{\text{зч тр}i} = \sum_{j=1}^{S} C_j \cdot K_{\text{см}\,j} \cdot n_j, \text{ теңге} \qquad (4)$$

мұндағы C_j – j-түрі бойынша бөлшектің бағасы.

Ағымдағы жөндеу жұмыстарын жүргізуді қамтамасыз етуге арналған S атауларының қосалқы бөлшектеріне арналған жиынтық шығындарын анықтаймыз:

$$C_{\text{зч}} = \sum_{j=1}^{S} M_j \cdot C_j \qquad (5)$$

Жоспарланған пайдалану кезеңіне $N_{\text{тр}i}$ санын анықтау үшін $\Omega_{\text{тр}i}(L)$ жетекші функциясының мәнін немесе ағымдағы жөндеудің әр түріне $\varpi_{\text{тр}i}(L)$ лектік параметрін пайдалануымыз қажет.

Ағымдағы жөндеудің $\varpi_{\text{тр}i}(L)$ лектік параметрлерін анықтау кезінде бастапқы деректер $F_{1j}(L), F_{2j}(L), \ldots, F_{nj}(L)$ және олардың математикалық күтулері $l_{\text{ср}1}; l_{\text{ср}2}; \ldots; l_{\text{ср}n}$, сондай-ақ орта квадраттық ауытқулар $\sigma_{1j}, \sigma_{2j}, \ldots, \sigma_{nj}$ тиісті жөндеулер арасындағы қозғалтқыштың жұмыстарын бөлу функциялары болып табылады.

Ағымдағы жөндеудің j – түрі лектік параметрі мен жетекші функциясы L жүрісі үшін кем дегенде n ауысым болуы ықтималдылығын білдіретін үлестіру композициясының $F_{k1j}(L), F_{k2j}(L), \ldots, F_{knj}(L)$ көмегімен анықталады. $F_{knj}(L)$ барлық позицияларын интегралдың көмегімен анықтайды.

$$F_{knj}(L) = \int_0^L F_{kn\text{-}1j}(L-1)\, d\left(F_{nj}(L)\right) \qquad (6)$$

мұндағы l – L жұмысының жетекші мәні.

Ағымдағы жөндеу түрлері легінің жетекші функциясы келесі жөндеуге

дейінгі жұмыс істеулерді бөлу $F_{knj}(L)$ функциясын қосумен анықталады.

$$\Omega_{\text{тр}i}(L) = \sum_{n=1}^{\infty} F_{kni}(L) \tag{7}$$

$\varpi_{\text{тр}i}(L)$ легінің параметрі ағымдағы жөндеудің түрленрінен $\Omega_{\text{тр}i}(L)$ лектік жетекші функциясының туындысы ретінде анықталады:

$$\varpi_{\text{тр}i}(L) = \Omega_{\text{тр}i}(L) \tag{8}$$

$\Omega_{\text{тр}i}(L)$ жетекші функцияны және $\varpi_{\text{тр}i}(L)$ лектік параметрді анықтау үшін ағымдағы жөндеудің түрлері бойынша таралудың Вейбулл заңының [4] екі параметрлік жалпы жағдайлары қабылданды, бұл автокөлік құрылымдарына тән тұрақсыз үрдісте қалпына келтіруге ыңғайлы болады.

Таралудың Вейбулл заңының функциясын төмендегі формула бойынша анықтаймыз [5]:

$$F(L) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{L}{L_0}\right)^m\right\} \tag{9}$$

ал, таралу тығыздығының арақатынасы былай анықталады:

$$f(L) = m\frac{L^{m-1}}{L_0^{\,m}}\exp\left\{-\left(\frac{L}{L_0}\right)^m\right\} \tag{10}$$

Жалпы тұрақсыз үрдісті $L_1 < L_2 < \ldots < L_i$ қалпына келтіру үшін жөндеуге дейінгі жұмыс осы жағдайдағы алдыңғы жөндеуден кейінгі жұмыстан аз болса, осы қатынасты қабылдаймыз.

Пайдалану кезінде автокөліктің қозғалтқыштарын сынаудың нақты материалдарын жинақтау ара қатынастың әділдігін растайды.

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{L_3}{L_2} = \ldots = \frac{L_i}{L_{i-1}} = Z \tag{11}$$

Бұл жағдайда қозғалтқыштың бірінші ағымдағы жөндеуге дейінгі жұмыстарын тарату функциясы осы жағдайдағы (9), ал екінші, үшінші және т.б. жөндеулердің арақатынасына қарай анықталады:

$$F_2(L) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{L}{z \cdot L_0}\right)^m\right\} \tag{12}$$

$$F_3(L) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{L}{z^2 \cdot L_0}\right)^m\right\} \tag{13}$$

$$F_i(L) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{L}{z^{i-1} \cdot L_0}\right)^m\right\} \tag{14}$$

Орталық шекті теореманы пайдалана отырып, композиция таратудың қалыпты заңы болатындығын анықтаймыз:

$$F_{knj}(L) = F\left\{\frac{L - M(L_1 + L_2 + \ldots + L_i)}{\sqrt{Д(L_1 + L_2 + \ldots + L_i)}}\right\} \tag{15}$$

мұндағы M_k – математикалық күту және композиция дисперсиясы.

Таралудың Вейбулл заңына сәйкес L кездейсоқ шамасына қабылданған шектеулерді ескереміз:

$$ML_1 = L_0 r\left(\frac{1}{m} + 1\right) \tag{16}$$

$$ДL_1 = L_0^2\left[r\left(\frac{2}{m} + 1\right) - r^2\left(\frac{1}{m} + 1\right)\right] \tag{17}$$

$$ML_2 = ZL_0 r\left(\frac{1}{m} + 1\right) \tag{18}$$

$$ДL_2 = Z^2 L_0^2\left[r\left(\frac{2}{m} + 1\right) - r^2\left(\frac{1}{m} + 1\right)\right] \tag{19}$$

$$ML_i = Z^{i-1} L_0 r\left(\frac{1}{m} + 1\right) \tag{20}$$

$$ДL_i = Z^{2(i-1)} L_0^2\left[r\left(\frac{2}{m} + 1\right) - r^2\left(\frac{1}{m} + 1\right)\right] \tag{21}$$

Ағымдағы жөндеулердің арасындағы $L_1, L_2, ..., L_i$ әрбір жұмыстардың тәуелсіз болуы туралы ереже өте айқын. Бұл жағдайды төмендегі формуламен сипаттаймыз:

$$M(L_1 + L_2 + ... + L_i) = (1 + Z + ... + Z_i - 1)L_0 r\left(\frac{1}{m} + 1\right)$$

және

$$M(L_1 + L_2 + ... + L_i) = \frac{1 - z^i}{1 - z} L_0 r\left(\frac{1}{m} + 1\right) \quad (22)$$

$$Д(L_1 + L_2 + ... + L_i) = (1 + Z^2 + ... + Z^{2(i-1)})L_0\left[r\left(\frac{2}{m} + 1\right) - r^2\left(\frac{1}{m} + 1\right)\right]$$

және

$$Д(L_1 + L_2 + ... + L_i) = \frac{1 - z^{2i}}{1 - z^2} L_0\left[r\left(\frac{1}{m} + 1\right) - r^2\left(\frac{1}{m} + 1\right)\right] \quad (23)$$

Алынған (7) арақатынастар мен формулаларға сүйене отырып, ағымдағы жөндеудің түрлі лектерінің жетекші функциясын анықтау үшін таралудың Вейбулл заңының L_0 және m параметрлері бойынша төмендегі теңдеуді аламыз:

$$\Omega_{тр}(L) = \sum_{i=1}^{M} F\left\{\frac{L - \frac{1 - z^i}{1 - z} \cdot L_0 r\left(\frac{1}{m} + 1\right)}{L_0\sqrt{\frac{1 - z^{2i}}{1 - z^2}\left[r\left(\frac{2}{m} + 1\right) - r^2\left(\frac{1}{m} + 1\right)\right]}}\right\} \quad (24)$$

$$\Omega_{тр}(L) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{L}{L_0}\right)^m\right\} + \sum_{i=1}^{M} F\left\{\frac{L - \frac{1 - z^i}{1 - z} \cdot L_0 r\left(\frac{1}{m} + 1\right)}{L_0\sqrt{\frac{1 - z^{2i}}{1 - z^2}\left[r\left(\frac{2}{m} + 1\right) - r^2\left(\frac{1}{m} + 1\right)\right]}}\right\} \quad (25)$$

Сенімділіктің ұзақ мерзімді болжамдау міндеттерін шешу кезінде қазіргі заманауи есептеуіш техника құралдарын пайдаланудың кең мүмкіндігін ескере отырып, интервальды X-терді, яғни жетекші емес функцияны, ағымдағы жөндеудің түрлі легінің параметрлерін қолдану ыңғайлы болып саналады.

Ол үшін (8) және (25) формулаларын пайдалануымыз қажет.

Қорытынды

Осылайша, қарастырылып отырған топтағы бастапқы жүріс жолы $L_{бжж}$ және жоспарлы жүріс жолы $L_{жжж}$ модельдерінің $N_{тр i}$ автокөліктердің санына қатысты $0{,}5L_i$; $0{,}5 + 0{,}75\ L_{жжж}$-не дейінгі және $0{,}75\ L_{жжж}$-нан жоғары автокөліктің топтары бойынша, түрлі ағымдағы жөндеудің $\Omega_{тр i}(L)$ лектік параметрлерін біле отырып, жоспарланған пайдалану кезеңіне арналған i – түрлі ағымдағы жөндеулердің $N_{тр i}$ болжамды санын анықтауға болады.

$$N_{тр i} = \sum_{K=1}^{3} N_{тр} \cdot \sum_{L_{<=}}^{L_{=>}} \omega_{тр i}(L), \quad (26)$$

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Виноградов, В. С.** Транспортное и вспомогательное оборудование на карьерах. – М. : Недра, 1976. – 383 с.

2 **Казарез, А. Н., Кулешов, А. А.** Эксплуатация карьерных автосамосвалов с электромеханической трансмиссией. – М. : Недра, 1988. – 264 с.

3 **Васильев, М. В., Сироткин, З. Л., Смирнов, В. И.** Автомобильный транспорт карьеров. – М. : Недра, 1973. 280 с.

4 **Muraleedharan, G & Soares, C. G.** (2014), Characteristic and Moment Generating Functions of Generalised Pareto (GP3) and Weibull Distributions, Journal of Scientifis Research and Reports T. 3 (14): 1861–1874.

5 **Голинкевич, Т. А.** Прикладная теория надежности. – М. : Высшая школа, 1985. – 168 с.

6 **Алиев, Ж. А., Кабикенов, С. Ж., Кириевский, М. М.** Централизованное техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – Караганда: 1993. – 117 с.

7 **Алиев, Ж. А., Кабикенов, С. Ж., Кириевский, М. М.** Оптимизация и управление при технической эксплуатации автомобилей. – Караганда : 2000. – 210 с.

8 **Кабикенов, С. Ж., Интыков, Т. С.** Көлік техникасын пайдаланудың негіздері. – Қарағанды : ҚарМТУ баспасы, 2015. – 261 б.

9 **Половко, А. М.** Основы теории надежности. – М. : Наука, 1964. – 446 с.

10 **Рудзит, Я. А., Плуталов, В. Н.** Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. – М. : Машиностроение, 1991. – 303 с.

11 **Садчиков, П. И., Приходько, Ю. Г.** Методы оценки надежности и обеспечения устойчивости функционирования программ. – М. : Знание, 1983. – 102 с.

12 **Тейер, Т., Липов, М., Нельсон, Э.** Надежность программного обеспечения. – М. : Мир, 1980. – 360 с.

13 **Гласс, Р.** Руководство по надежному программированию. – М. : Финансы и статистика, 1982. – 256 с.

References

1 **Vinogradov, V.** Transport and auxiliary equipment in quarries. [Vinogradov, V. S. Transportnoe i vspomogatel`noe oborudovanie na kar`erax]. – M. : Nedra, 1976. – 383 s.

2 **Kazarez, A.** Operation of mining dump trucks with electromechanical transmission. [Kazarez, A. N., Kuleshov, A. A. E`kspluataciya kar`erny`x avtosamosvalov s e`lektromexanicheskoj transmissiej]. – M. : Nedra, 1988. – 264 s.

3 **Vasiliev, M.** Road transport of quarries. [Vasil`ev, M. V., Sirotkin, Z. L., Smirnov, V. I. Avtomobil`ny`j transport kar`erov]. – M. : Nedra, 1973. 280 s.

4 **Muraleedharan, G & Soares, C. G.** (2014), Characteristic and Moment Generating Functions of Generalised Pareto (GP3) and Weibull Distributions, Journal of Scientifis Research and Reports T. 3 (14): 1861–1874.

5 **Golinkevich, T.** Applied Reliability Theory. [Golinkevich, T. A. Prikladnaya teoriya nadezhnosti]. – M. : Vy`sshaya shkola, 1985. – 168 s.

6 **Aliev, J., Kabikenov, S.** Centralized maintenance and repair of cars. [Aliev, Zh. A., Kabikenov, S. Zh., Kirievskij, M. M. Centralizovannoe texnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej]. – Karaganda: 1993. – 117 s.

7 **Aliev, J., Kabikenov, S.** Optimization and management in the technical operation of vehicles. [Aliev, Zh. A., Kabikenov, S. Zh., Kirievskij, M. M. Optimizaciya i upravlenie pri texnicheskoj e`kspluatacii avtomobilej]. – Karaganda : 2000. – 210 s.

8 **Kabikenov, S.** Basics of operation of transport equipment. [Kabıkenov, S. J., Intykov, T. S. Kólik tehnıkasyn paıdalanýdyń negizderi]. – Qaraǵandy : QarMTÝ baspasy, 2015. – 261 b.

9 **Polovko, A.** Fundamentals of the theory of reliability. [Polovko, A. M. Osnovy` teorii nadezhnosti]. – M. : Nauka, 1964. – 446 s.

10 **Rudzit, A.** Basics of metrology, accuracy and reliability in instrumentation. [Rudzit, Ya. A., Plutalov, V. N. Osnovy` metrologii, tochnost` i nadezhnost` v priborostroenii]. – M. : Mashinostroenie, 1991. – 303 s.

11 **Sadchikov, P.** Methods for assessing the reliability and ensuring the sustainability of programs. [Sadchikov, P. I., Prixod`ko, Yu. G. Metody` ocenki nadezhnosti i obespecheniya ustojchivosti funkcionirovaniya programm]. – M. : Znanie, 1983. – 102 s.

12 **Teier, T.** Reliability of software. [Tejer, T., Lipov, M., Nel`son, E`. Nadezhnost` programmnogo obespecheniya]. – M. : Mir, 1980. – 360 s.

13 **Glass, R.** Reliable Programming Guide. [Glass, R. Rukovodstvo po nadezhnomu programmirovaniyu]. – M. : Finansy` i statistika, 1982. – 256 s.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

К. Т. Есбосынов[1], С. Ж. Кабикенов[2], Н. С. Сембаев[3], А. М. Жакупов[4]

Теоретические предпосылки прогнозирования потребностей в ресурсе конструктивных элементов автомобильных дизельных двигателей

[1,2]Карагандинский технический университет,
Республика Казахстан, г. Караганда;
[3,4]Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

K. T. Yesbossynov[1], S. J. Kabikenov[2], N. S. Sembayev[3], A. M. Zhakupov[4]

Theoretical background of forecasting the requirements in the resource of constructive elements of automotive diesel engines

[1,2]Karaganda State Technical University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda.
[3,4]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 11.12.20.

Современное состояние и развитие транспортных систем Казахстана характеризуются существенным преобладанием доли автотранспортных перевозок в общих объемах грузов, перевозимых транспортом.

Эффективность карьерного автомобильного транспорта, затраты на осуществление транспортной работы, влияние на окружающую среду во многом определяется тем, насколько совершенен, пригоден к выполнению заданных функций в конкретных условиях эксплуатации его подвижной состав. Основоположник науки об автомобиле академик Е. А. Чудаков отмечал, что конструкция автомобиля в своем развитии должна подчиняться эксплуатационным требованиям. Вот почему конструкторам необходимо знание особенностей эксплуатации автомобилей в разнообразных дорожных и природно-климатических условиях, вытекающих отсюда требований к его конструкции.

Долговечность двигателей внутреннего сгорания определяется моторесурсом, который устанавливают по сроку службы наиболее ответственных деталей и узлов, подвергающихся в условиях эксплуатации двигательному процессу нормального механического истирания. Заводской ремонт дизеля вызывается необходимостью ремонта коленчатого вала. Текущий ремонт с разборкой цилиндропоршневой группы обусловлен износом поршневых колец и цилиндрических втулок.

Ключевые слова: карьерный автосамосвал, надежность двигателя, поточный параметр, текущий ремонт, параметр распределения, математическое ожидание, закон распределения, дисперсия композиций, плановый пробег.

The current state and development of transport systems in Kazakhstan is characterized by a significant predominance of the share of road transport in the total volume of goods transported by transport.

The efficiency of open-pit automobile transport, the costs of carrying out transport work, and the environmental impact are largely determined by how perfect and suitable its functions are in performing the specified functions in specific operating conditions. The founder of the science of automobiles, academician E. A. Chudakov noted that the design of the vehicle in its development must comply with operational requirements. That is why designers need to know the features of car operation in a variety of road and climatic conditions, resulting from the requirements for its design.

The durability of internal combustion engines determined by the motor

resource, which is established by the service life of the most critical parts and assemblies that undergo normal mechanical abrasion in the engine process during operation. Factory diesel repair caused by the need to repair the crankshaft. Maintenance with disassembly of the cylinder-piston group due to wear of the piston rings and cylindrical bushings.

Keywords: mining dump truck, engine reliability, stream parameter, maintenance, distribution parameter, mathematical expectation, distribution law, dispersion of compositions, planned run.

МРНТИ 44.29.29

https://doi.org/10.48081/BESC6242

Е. О. Жапаров, З. Қ. Абдикулова
Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Казақстан Республикасы, Түркістан қ.

КЕНТАУ ТРАНСФОРМАТОР ЗАУЫТЫ ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯСЫНЫҢ ТАРАТУ ҚҰРЫЛҒЫСЫН РЕКОНСТРУКЦИЯЛАУ

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы электрмен сенімді жабдықтауды, автоматтандыруды және үнемділікті, желідегі режимдік ерекшеліктерді қамтамасыз етуі тиіс. Сондықтан, бұл мақалада Кентау трансформатор зауыты қосалқы станциясының электрлік сұлбасына есептеулер жүргізілді, негізгі электр қондырғылары таңдалды. Қосалқы станцияның электр қондырғыларын таңдау мен тексеру үшін үшфазалық қысқа тұйықталу тогы анықталды, қысқа тұйықталу токтарын есептеу сұлбасы құрастырылды.

Кентау трансформатор зауытының қосалқы станциясы тарату құрылғысының схемасын өзгертіп, біршама сенімді, икемді, автоматтандыруға ыңғайлы, әрі жинақтаушы шиналардың бір жүйесінде апат болғанда электрмен жабдықтауда үзіліс болдырмайтын көпірлік схемаға ауыстыру ұсынылды.

Кілтті сөздер: электр қосалқы станциясы, электрлік сұлба, қысқа тұйықталу, күштік трансформатор, тарату құрылғысы

Кіріспе

Электрмен жабдықтау жүйесінде электр энергиясын таратуға және түрлендіруге арналған электрлік қондырғылар – қосалқы станциялар басты роль атқарады. Олар электр жүйесінің жауапты элементі болып саналады.

Сондықтан, бұл қосалқы станцияларды жобалағанда және салғанда, оларды пайдаланатын орындардың қалыпты режимде жұмыс істеуін ғана емес, апат жағдайда ажыратылғанда да (мысалы, қоректендіруші желі немесе жұмыс істейтін трансформаторлардың біреуі істен шықса) сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуі тиіс.

Қосалқы станцияларға өте жоғары талаптар қойылады [1, 2]:

1 Қосалқы станцияның электр желісінің екінші тізбегінің резервтік қорегі мен электр қондырғыларының электр торабымен байланысы болуы тиіс.

2 Бірінші немесе екінші кернеудегі шиналар зақымданған жағдайда, қосалқы станция тұтынатын орындарды қоректендіруді толық немесе жартылай қысқартуды қамтамасыз етуі тиіс.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы арқылы қолданылған жабдықтар мен құрылғылар комплексін белгілеп, оны тұтастай салуға кеткен жұмыс көлемі мен күрделі қаржы шығынын анықтайды.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы орнатылған жабдықтардың тек түрін және оған кеткен шығынды ғана емес, оның құрастырылуы мен конструкциялық орындалуын да, қосалқы құрылғылардың көлемін де белгілейді.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы, оны пайдаланудың барлық кезеңіндегі режимдік сипаттамасын белгілейді. Қосалқы станцияның схемасы желі конфигурациясымен және электр жүйесінің жұмыс режимімен анықталады.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы электрмен сенімді жабдықтауды, автоматтандыруды және үнемділікті, желідегі режимдік ерекшеліктерді қамтамасыз етуі тиіс [3, 4].

Сондықтан, қосалқы станцияның электрлік схемасын таңдау, қайта құрастыру, жетілдіру керек.

Зерттеудің нысаны

Кентау трансформатор зауыт номенклатурасына 300-ге жуық өнім түрі кіреді. Зауыт трансформатор құрылғыларымен мұнай–газ саласындағы кәсіпорындарды, құрылыс саласын, коммуналдық мекемелерді және теміржол мекемелерін жабдықтайды.

Кентау трансформатор зауыты 2008 жылдың аяғынан бастап үлкен кернеулік (35 кВА) қуаттылығы жоғары (1000-нан 25000 кВА – дейін) трансформатор шығара бастады.

Кентау трансформатор зауыты, қуаттары 63 МВА, кернеулері 115/37/6,3 кВ екі параллель жұмыс істейтін үш орамды трансформаторлары бар қосалқы станциядан қорек алады. Энергожүйенің қосалқы станциясынан зауытқа дейінгі қашықтық – 6,5 км. Зауыт екі ауысыммен жұмыс істейді.

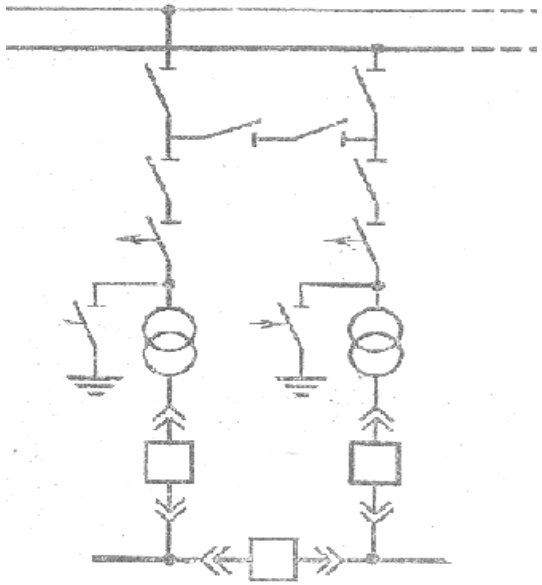
Кентау трансформатор зауытында жылдан жылға өндіріс көлемінің қарқынды өсуіне, жаңа өнімдер шығаруына, жаңа технологияларды енгізуіне байланысты, жұмыс істеп тұрған қосалқы станциялар электрмен жабдықтаудың тиісті сенімділігін қамтамасыз ете алмайды, сондықтан зауыттың қосалқы станциясының электрлік схемасын есептеу және жетілдіру қажет.

Зерттеудің әдістері мен нәтижесі

Кентау трансформатор зауыты қосалқы станциясының тарату құрылғылары трансформаторлармен блокты схема бойынша қосылған. Қосалқы станциядағы трансформатор мен осы трансформаторды қоректендіретін электр беріліс желісі бір-бірімен үздіксіз тізбек құрайды. Желі-трансформатор блогына ток тұтынатын орындардағы электр қондырғылары қосылады немесе басқа қосалқы станциядан резервті қорек алады, себебі бір желі істен шыққан жағдайда, екі трансформатор қалған желімен жұмыс істей алмайды [5, 6].

Бұл схемада ажыратқыштар, оперативті ажыратқыштар саны аз, ал оперативті айырғыштар мүлдем жоқ, сондықтан мұның өзі оны автоматтандыруды қамтамасыз етеді.

Схема біршама сенімді, икемді, автоматтандыруға ыңғайлы, әрі жинақтаушы шиналардың бір жүйесінде апат болғанда немесе жөндеу кезінде электрмен жабдықтауда үзіліс болмайды. Желі-трансформатор схемасының желідегі барлық кернеуде кеңінен қолданылуы, қарапайымдылығы, желі мен трансформатор жұмыстарының сенімділігі – блокты тұтастай қорғауға, әрі қондырғыны едәуір арзандатуға мүмкіндік береді.



Сурет 1 – Трансформаторлар мен желілердің аралығында айырғыштары бар көпірлі схема

Бұл схеманың негізгі кемшілігіне көрнектілігінің біршама төмендігін жатқызуға болады, өйткені электр берілісі жүйесінде әр түрлі қуат ағыны болуы мүмкін, ал мұның өзі бақылау және қорғау құрылғыларды таңдауды қиындата түседі.

Желі-трансформатор блогында трансформатор немесе желі істен шықса, немесе жөндеу кезінде барлық блок жұмыс істей алмайды, сондықтан тарату құрылғысының схемасын өзгертіп, көпірлік схема бойынша қосу ұсынылып отыр.

Қосалқы станцияның электр қондырғыларын таңдау мен тексеру үшін қысқа тұйықталу тогы (қ.т.т) есептелінді, оны есептеу келесі жолдармен анықталды [7, 8]:

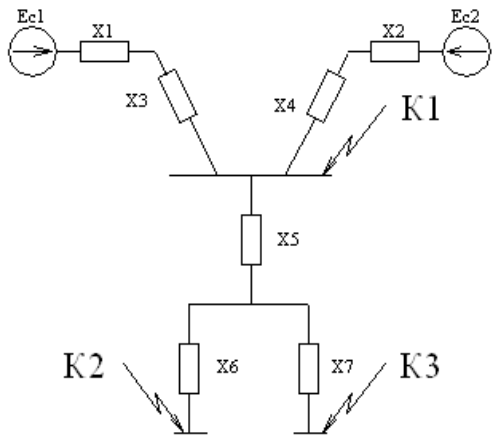
1 Электр қосылысының басты сұлбасы бойынша есептеу сұлбасы, содан кейін электр алмастыру сұлбасы қарастырылды;

2 Алмастыру сұлбасын түрлендіру жолымен біз оны жай түріне келтірдік, ол жағдайда Э.Қ.К. белгілі мәнімен сипатталатын қорек көзі, бір қорытынды кедергі арқылы қ.т. нүктесімен байланыста болуы керек;

3 Қорытынды Э.Қ.К. мен қорытынды кедергінің шамасы бойыша қ.т. тогының периодикалық құрамының бастапқы мәні, содан соң қ.т. тогының апериодикалық құрамасы және соққы ток анықталды. Сонымен қатар, электр жабдықтардың электродинамикалық төзімділігі анықталды.

Электр қондырғының есептеу сұлбасы жұмыстың қалыпты режімін көрсету керек. Сұлбада қ.т. нүктелерін, аппараттар мен өткізгіштердің неғұрлым ауыр жұмыс режімінде, қ.т. тогының ағыны болатындай жағдайда таңдайды.

2-ші суретте қысқа тұйықталу тоқтарын есептеудің сұлбасы көрсетілген.



Сурет 2 – Қысқа тұйықталу тоқтарын есептеудің сұлбасы

Қ.т. тоқтарын есептеу кезіндегі алмастыру процесін жеңілдету үшін шамалардың барлығы базистік шарттарға келтірілді. Базистік қуаты кез-келген шамамен беріледі, ондық еселікті $S_б$=100 МВА немесе 1000 МВА қолданған ыңғайлы. Базистік кернеу, қ.т болжанатын орташа қолданыстық кернеу қадамымен (110; 37; 66 кВ) анықталды.

Базистік қуат: $S_б$=1000 МВА

Базистік кернеу: $U_{б1}$ = 110 кВ; $U_{б2}$ = 37 кВ; $U_{б3}$ = 6,6 кВ.

Базистік тоқ келесі формуламен анықталады:

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б}$$

$$I_{б1} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 5.02 \quad \text{кА}$$

$$I_{б2} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 15.60 \quad \text{кА}$$

$$I_{б3} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6.6} = 91.64 \quad \text{кА}$$

Осыған сүйене отырып жеңіл түрлендіру жолымен базистік шарттағы салыстырмалы бірліктегі қ.т. тізбегінің барлық элементтерінің кедергілерін төмендегі формула бойынша анықтаймыз.

$$X'_{*C} = X_{*C} \cdot \frac{S_б}{S_C}$$

Қосалқы станцияларының тарату құрылғыларында шиналар жиі қолданылады. Себебі шиналар монтаж жасағанда немесе оларды пайдаланғанда үнемді әрі сенімді.

Шиналар қалыпты режім шарты бойынша таңдалады, сонымен қатар термиялық және электродинамикалық орнықтылыққа тексеріледі де кернеуі 20 кВ-қа дейін ЖТҚ-дағы жинақтаушы шиналары алюминийлік парақтарынан жасалады.

Жұмыс режімі бойынша шина таңдау шарты

$$I_p \geq I_{ж.жум.}$$

$I_{ж.жум.}$ станция мен қосалқы станция жинақталған шиналары үшін қалыпты емес пайдалану режімдеріндегі максималды мүмкін болатын тоғы.

Шиналардағы термиялық орнықтылыққа тексеру кабельге сәйкес, яғни ең аз термиялық орнықтылықты қима анықтайды [9]:

$$S_{мин.} = \sqrt{\frac{B_к}{A_{бер.к.} - A_к}}$$

Егер шина жүктемесі жылыту шарты бойынша берілгеннен төмен болса, яғни $I_{н.} \leq I_{бер.}$, онда шиналау қалыпты режімде жылынады және $70^\circ C$ төмен болады.

Шиналар мен өткізгіштерді электродинамикалық орнықтылыққа тексеру электродинамикалық күшейту және ток өткізгіш құрылысының механикалық есептеуінен анықталады.

Механикалық есептеу кезінде әрбір фазаның шинасы, тіректе босап жатқан тең таралған жүктеменің әсерінен көп аралық балкаға сәйкес. Бұл жағдайда жүктеме үшін майысу моменті:

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10}$$

мұнда l – шина бойындағы оқшаулатқыштар арасындағы арақашықтық, м;

f – шина ұзындық бірлігіне келетін күш, Н/м.

Үш фазалы қ.т. кезінде ортаңғы фазаның ұзындық бірлігіне келетін күш:

$$f_{макс} = 1{,}76 \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot 10^{-7}, \quad Н/м$$

мұнда, а – шектес фазалар арасындағы арақашықтық, м;

i_y – қ.т. соққы тоғы, А.

Майысу моменті әсерінен шина ішінде пайда болатын кернеуді $\delta_{бер.}$ берілетін мәнімен салыстыру қажет [10, 11]:

$$\delta_{всеп.} = \frac{M}{W} = \frac{f \cdot l^2}{10W} \leq \delta_{бер}$$

мұнда, $\delta_{бер.}$ – шина кедергісінің моменті, м^3.

Әртүрлі материал үшін $\delta_{бер.}$ мәні: МТ мыс – 140, АТ – 70 алюминий, болат – 160.

Кедергі моменті шина формасы өлшеміне және өзара орналасуына байланысты. Майысу күш сызығы қырына әсер еткендегі тікбұрышты қималы шина үшін

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Қорытынды

Бұл мақалада Кентау трансформатор зауытының қосалқы станциясы тарату құрылғысының блокты схемасын көпірлі схемаға ауыстыру ұсынылды, себебі бұл схемада ажыратқыштар, оперативті ажыратқыштар саны аз және желі-трансформатор блогында трансформатор немесе желі істен шықса, немесе жөндеу кезінде барлық блок жұмыс істей алмайды.

Сондықтан ұсынылып отырған көпірлік схема бір желі зақымданған кезде трансформаторды бөліп тастауға мүмкіндік береді.

Көпірлі схеманың артықшылығы: желідегі барлық кернеуде кеңінен қолданылуы, қарапайымдылығы, желі мен трансформатор жұмыстарының сенімділігі, үнемділігі, жұмыс жағдайының өзгеруіне байланысты схемалардың өзгеруіне ыңғайлығы, пайдалану қауіпсіздігі, экологиялық тазалығы.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Рожков, Л. Д.** Электрооборудование электрических станций и подстанций. – М. : Роди Софт, 2015. – 242 с.

2 **Петрова, С. С.** Проектирование электрической части станций и подстанций. – Л. : ЛПИ, 2009.

3 **Маньков, В. Д.** Основы проектирования систем электроснабжения. – СПб: «Умитц «Электро Сервис», 2010. – 664 с.

4 **Балаков, Ю. Н., Мисриханов, М. Ш.** Проектирование схем электроустановок. – М. : МЭИ, 2009. – 288 с.

5 **Ополева, Г. Н.** Схемы и подстанции электроснабжения. – М. : ФОРУМ-ИНФРА-М, 2008. – 480 с.

6 **Киреева,Э. А., Цырук, С. А.** Современные комплектные трансформаторные подстанции и распределительные устройства напряжением 6(10)–35–0,4 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 211 с.

7 **Леньков, Ю. А.** Расчет токов короткого замыкания, выбор коммутационных аппаратов и их уставок в электроустановках напряжением до 1000 В. – Павлодар : ПГУ, 2008. – 224 с.

8 **Крючков, И. П., Старшинова, В. А.** Короткие замыкания и выбор электрооборудования. – М. : МЭИ, 2012. – 568 с.

9 **Леньков, Ю. А.** Специальные вопросы электростанций. – Павлодар : ПГУ, 2008. – 132 с.

10 **Двоскин, Л. И.** Схемы и конструкции распределительных устройств. – М. : Энергоатомиздат, 2010. – 236 с.

11 Правила устройства электроустановок. – Астана : Министерство энергетики и минеральных ресурсов РК, 2009. – 418 с.

References

1 **Rozhkov, L. D.** E`lektrooborudovanie e`lektricheskix stancij i podstancij. [Rozhkov, L. D. Electrical equipment of power plants and substations]. – M. : Rodi Soft, 2015. – 242 p.

2 **Petrova, S. S.** Proektirovanie e`lektricheskoj chasti stancij i podstancij. [Petrova, S. S. Design of the electrical part of stations and substations]. – L. : LPI, 2009.

3 **Man`kov, V. D.** Osnovy` proektirovaniya sistem e`lektrosnabzheniya. [Mankov, V. D. Basics of designing power supply systems]. – SPb : «Umitz «Electro Service», 2010. – 664 p.

4 **Balakov, Yu. N., Misrixanov, M. Sh.** Proektirovanie sxem e`lektroustanovok. [Balakov, Yu. N., Misrikhanov, M. Sh. Electrical installation diagrams design]. – Moscow : MPEI, 2009. – 288 p.

5 **Opoleva, G. N.** Sxemy` i podstancii e`lektrosnabzheniya. [Opoleva, G. N. Power supply circuits and substations]. – M. : FORUM-INFRA-M, 2008. – 480 p.

6 **Kireeva, E`. A., Cyruk, S. A.** Sovremenny`e komplektny`e transformatorny`e podstancii i raspredelitel`ny`e ustrojstva napryazheniem 6(10)–35–0,4 kB. [Kireeva, E. A., Tsyruk, S. A. Modern complete transformer substations and switchgears with voltage 6 (10) -35-0.4 kV]. – M : Energoatomizdat, 2007. – 211 p.

7 **Len`kov, Yu. A.** Raschet tokov korotkogo zamy`kaniya, vy`bor kommutacionny`x apparatov i ix ustavok v e`lektroustanovkax napryazheniem do 1000 V. [Len'kov, Yu. A. Calculation of short-circuit currents, selection of switching devices and their settings in electrical installations with voltage up to

1000 V.]. – Pavlodar: PGU, 2008. – 224 p.

8 **Kryuchkov, I. P., Starshinova, V. A.** Korotkie zamy`kaniya i vy`bor e`lektrooborudovaniya. [Kryuchkov, I. P., Starshinova, V. A. Short circuits and electrical selection]. – M. : MEI, 2012. – 568 p.

9 **Len`kov, Yu. A.** Special`ny`e voprosy` e`lektrostancij. [Len'kov, Yu. A. Special issues of power plants]. – Pavlodar : PSU, 2008. – 132 p.

10 **Dvoskin, L. I.** Sxemy` i konstrukcii raspredelitel`ny`x ustrojstv. [Dvoskin, L. I. Schemes and designs of switchgears]. – M. : Energoatomizdat, 2010. – 236 p.

11 Pravila ustrojstva e`lektroustanovok. [Rules for electrical installations]. – Astana : Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan, 2009. – 418 p.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

Е. О. Жапаров, З. К. Абдикулова

Реконструкция распределительного устройства электрической подстанции Кентауского трансформаторного завода

Международный казахско-турецкий университет,
имени Ходжи Ахмеда Ясави, Республика Казахстан, г. Туркестан.
Материал поступил в редакцию 11.12.20.

E. O. Zhaparov, Z. K. Abdikulova

Reconstruction of the distribution device of the electric substation of the Kentau transformer plant

Khoja Ahmet Yasawi International Kazakh-Turkish university,
Republic of Kazakhstan, Turkestan.
Material received on 11.12.20.

Система электроснабжения предприятия должна обеспечивать бесперебойность и надежность электроснабжения как в нормальном, так и в аварийном режиме, надлежащее качество электроэнергии, экономичность производства, поэтому в статье сделан анализ режимов работы подстанции, исследована и рассчитана схема электрической сети подстанции Кентауского трансформаторного завода, рассчитаны электрические нагрузки завода, рассчитаны токи короткого замыкания и на основании результатов расчёта произведена проверка выбранного электрооборудования.

Предложены меры по реконструкции подстанции, с заменой блочной схемы распределительного устройства на схему соединения силового трансформатора с РУ шинным мостом. Проработаны основные

вопросы модернизации распределительного устройства подстанции, произведен расчет и выбор распределительных шинопроводов, для ошиновки распределительного устройства определено количество проводов с учетом экономической плотности тока.

Ключевые слова: электрическая подстанция, электрическая схема, короткое замыкание, силовой трансформатор, распределительное устройство.

Electric supply system in enterprises must provide with electrical supply continuity and reliability as in normal and accidental regimes, quality electro energetic, production efficiency, so in connection with these in the article there have been analyzed work regimes of substations, studied electrical net scheme for Kentau Transformer Plant's substation, calculated plant's loads and short circuit currents and on the base of the calculated results curried out inspection for the chosen equipment.

Offered measurements on reconstruction of the substation by replacing block scheme of switchgears to scheme of power transformer connection with DD bus bridge.

Worked out main modernization problems of the substation switchgear, done calculation and selection of distributing bus bars for arranging switchgear.

Keywords: electrical substation, electrical circuit, short circuit, power transformer, distribution device.

МРНТИ 55.30.01

https://doi.org/10.48081/OMVA8100

Н. Т. Жетенбаев[1], Г. К. Балбаев[2]

[1]Satbayev University, Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени А. Буркитбаева, Республика Қазахстан, г. Алматы;
[2]Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, Институт космической инженерии и телекоммуникаций, Республика Қазахстан, г. Алматы

ПОСЛЕДНИЕ РАЗРАБОТКИ И ПРОБЛЕМЫ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

В статье рассматриваются экзоскелеты – это носимые роботизированные системы, которые объединяют человеческий интеллект и силу робота. Эта статья впервые вводит общую концепцию экзоскелетов и рассматривает несколько типичных экзоскелетов нижних конечностей в трех основных приложениях (реабилитация походки, помощь в локомотивном движении человека и увеличение силы человека), а также обеспечивает системный обзор приобретения намерения движения владельца и стратегий контроля за экзоскелетов нижних конечностей.

Ключевые слова: экзоскелет; реабилитация походки; локомоция человека помощь; медицинское устройство.

Введение

Экзоскелет – это носимое бионическое устройство, которое оснащено мощными приводами в суставах человека и объединяет человеческий интеллект и силу робота. С помощью встроенной мультисенсорной системы экзоскелет может воспринимать интенсивность движения владельца и соответственно оказывать ему помощь движение владельца. Он может прикладывать внешнюю силу, крутящий момент к конечностям владельца под контролем и, следовательно, обеспечивать мобильность, инициируемую пользователем. Экзоскелет повышает прочность суставов владельца.

За последние несколько десятилетий прогресс в разработке экзоскелетов был замечательным. Университеты, научно-исследовательские институты и промышленные компании активно проводят исследования в этой области, особенно в последние годы. Было разработано и испытано несколько

экзоскелетных систем. Основываясь на части человеческого тела, которую поддерживает экзоскелет, экзоскелеты можно классифицировать как экзоскелеты верхних конечностей, экзоскелеты нижних конечностей, экзоскелеты всего тела и специфические экзоскелеты поддержки суставов.

Материалы и методы

В этой статье основное внимание уделяется, и обсуждаются некоторые типичные экзоскелетов нижних конечностей, которые были разработаны во всем мире. Эти экзоскелетные системы подразделяются на три категории в зависимости от их различных применений и целевых пользователей. Кроме того, обсуждаются ограничения существующих экзоскелетов нижних конечностей и соответствующие направления исследований и разработок.

Экзоскелетов нижних конечностей в основном разрабатывается для трех типов применений. Первое приложение фокусируется на реабилитации походки (помогает пациентам с нарушениями подвижности в восстановлении опорно-двигательного аппарата, двигательного контроля и походки). Реабилитация на основе экзоскелета также освобождает тяжелое время терапевтов в традиционной физиотерапии. Второе применение – это система локомоции человека, которая предназначена для парализованных пациентов, потерявших двигательную и сенсорную функцию в нижних конечностях. Использование экзоскелетов позволяет этим пациентам вновь обрести способность вставать, садиться и ходить, как и подобает здоровому человеку. Третье применение экзоскелетов направлено на повышение физических способностей трудоспособных людей (увеличение силы человека).

Экзоскелеты нижних конечностей для реабилитации походки

Пожилые люди с ослабленной мышечной силой могут быть не в состоянии ходить так часто, как раньше, а также могут потерять свою устойчивость во время ходьбы. Потеря двигательного контроля может произойти из-за многих других заболеваний.

Неврологические травмы, такие как церебральный паралич, инсульт, инфекционные заболевания, могут привести к значительной мышечной слабости и нарушению двигательного контроля. Ортопедическая реабилитационная тренировка обычно включает в себя формирование специфических движений, которые провоцируют двигательную пластичность и в конечном итоге улучшают двигательное восстановление. Для пациентов крайне важно улучшить свою опорно-двигательную силу и двигательный контроль, а также свести к минимуму функциональные дефициты.

В традиционной реабилитационной терапии следует задействовать интенсивный курс, а физиотерапевты должны обеспечивать пациентов сильно повторяющимися тренировками, которые обычно неэффективны. Экзоскелеты нижних конечностей, разработанные для реабилитации,

могут обеспечить пациентам интенсивные повторяющиеся движения, и, следовательно, терапевты могут быть освобождены от тяжелой работы в физиотерапии. В этой ситуации терапевты могут больше сосредоточиться на анализе показателей походки пациента, чтобы обеспечить более эффективную реабилитацию. Кроме того, с помощью экзоскелетов можно количественно оценить уровень двигательного восстановления пациентов с помощью сил взаимодействия или крутящих моментов, измеряемых датчиками. Новый вид роботизированной реабилитации также является экономически эффективным по сравнению с традиционной трудоемкой реабилитацией.

Роботизированный Ортез Lokomat был разработан компанией Hocoma (Цюрих, Швейцария) для реабилитации походки и обеспечивает функциональную тренировку ходьбы у пациентов с нарушениями подвижности нижних конечностей (рис.1A) [1]. Вся система Lokomat состоит из роботизированного ортеза походки, системы поддержки веса тела и беговой дорожки. Пациент тренируется в среде виртуальной реальности с постоянной аудиовизуальной обратной связью. Ортез имеет 4 вида: степени свободы в целом, а тазобедренные и коленные суставы приводятся в действие линейными приводами для обеспечения вспомогательного крутящего момента в сагиттальной плоскости. Датчики силы, установленные между приводами и ортезом, измеряют крутящий момент тазобедренного и коленного суставов. Эффективность Lokomat-а как вмешательства в реабилитацию походки для улучшения функции надземной ходьбы у неврологических пациентов была подтверждена в ходе Всемирных клинических исследований [1–5].

Banala и др. из University of Delaware (Ньюарк, США) разработали активный экзоскелет ног (ALEX) для реабилитации походки пациентов с нарушениями подвижности [1]. У ALEX-а есть семь степени свободы: три в поясничном суставе, два степени свободы в тазобедренном суставе (сгибание, разгибание и отведение, приведение), один степени свободы в коленном суставе (сгибание, разгибание) и один степени свободы в голеностопном суставе. Тазобедренные и коленные суставы в сагиттальной плоскости приводятся в действие линейными приводами, в то время как другие степени свободы пассивно удерживаются пружинами. Эффективность ALEX-а была продемонстрирована в ходе клинических испытаний с участием выживших после инсульта. После тренировки с ALEX-ом характер походки пациентов становится ближе к здоровому образцу походки с увеличенными размерами походки и скоростью ходьбы.

Экзоскелет Ekso GT, разработанный компанией Ekso Bionics (Richmond, Калифорния, США), представляет собой носимый экзоскелет-костюм, предназначенный для оказания помощи и реабилитации пациентам с различными уровнями слабости нижних конечностей [5] (рис. 1B). Он подходит для широкого круга пациентов, таких как парализованные пациенты и другие

пациенты с более низким уровнем нарушения подвижности, такие как выжившие после инсульта. Экзоскелет Ekso GT имеет в общей сложности шесть степени свободы (три степени свободы на ногу). Его тазобедренные и коленные суставы активны и могут оказывать помощь в сагиттальной плоскости. Голеностопные суставы пассивны и пружинят. Для реабилитационного применения он имеет функцию «вариативного ассистента», который может регулировать уровень помощи, предоставляемой экзоскелетом, исходя из потребности отдельного пациента. Клинические исследования подтвердили, что тренировка походки с помощью экзоскелета Ekso GT помогает пациентам заново научиться правильному шаговому паттерну и позволяет им делать большее количество шагов с более высокой скоростью по сравнению с традиционной реабилитацией.

Рисунок 1 – Экзоскелеты для реабилитации походки. (A) роботизированный Ортез Lokomat (B) экзоскелет Ekso GT

Экзоскелеты нижних конечностей для помощи человеку в локомоции

Экзоскелеты нижних конечностей, разработанные для помощи человеку в локомотивном движении, в основном используются для помощи парализованным пациентам, которые полностью потеряли подвижность в нижних конечностях. Экзоскелеты могут обеспечить внешний крутящий момент в положениях суставов человека, чтобы заменить недостаточную двигательную функцию пациентов, и тем самым дать этим пациентам большую силу, чтобы восстановить способность выполнять основные повседневные движения, такие как стояние, сидение и ходьба [6].

Экзоскелет ReWalk, разработанный компанией ReWalk Robotics (Marlborough, MA, USA; рис. 2A), представляет собой осадок, который

обеспечивает мощное движение бедра и колена, чтобы люди с травма спинного мозга могли стоять прямо и ходить [1]. Это первый экзоскелет иск разрешен управлением по контролю за продуктами и лекарствами США в 2014 году для использования в качестве личного устройства дома и в общине. Экзоскелет управляется бортовыми компьютерами с датчиками движения, восстанавливает самопроизвольную ходьбу, чувствуя наклон вперед верхней части тела, и имитирует естественную походку здорового человека. Основываясь на результатах клинических исследований экзоскелета ReWalk [5], парализованные пациенты могут практически стоять прямо и ходить с повышенной независимостью, а качество их жизни значительно улучшается. Эти результаты также указывают на то, что пациенты испытали снижение вторичных осложнений, возникающих в результате жизни в инвалидном кресле, таких как депрессия и невропатическая боль [7].

Экзоскелет Vanderbilt, разработанный Goldfarb и др. [2], является еще одним средством, позволяющим парализованным пациентам выполнять основные движения, такие как ходьба, сидение, стояние и хождение вверх и вниз по лестнице. Он принимает модульную конструкцию, которую сами парализованные пациенты могут быстро собрать и надеть или разобрать. Каждый сегмент бедра спроектирован с двумя бесщеточными прямыми двигателями постоянного тока, которые используются для приведения в действие тазобедренных и коленных суставов. Его общий вес составляет всего 12 кг, что относительно мало по сравнению с другими подобными экзоскелетами. Этот экзоскелет был реализован у пациента с полной двигательной и сенсорной травмой, и экзоскелет может обеспечить повторяемую походку с амплитудами коленных и тазобедренных суставов, которые аналогичны тем, которые наблюдаются при неинвазивной ходьбе. С помощью экзоскелета пациент может вставать и садиться, ходить, поворачиваться, подниматься и спускаться по лестнице [7–8].

Экзоскелет нижних конечностей, разработанный в Китайском университете Гонконга (CUHK-EXO) также нацелен на помощь в локомотивном движении парализованным пациентам (рис. 2 В). Экзоскелет имеет в общей сложности шесть степени свободы, среди которых сгибание, разгибание бедра и колена приводятся в действие двигателями постоянного тока, а голеностопные суставы пассивны. Пара умных костылей, оснащенных датчиками силы и ориентации, была разработана для системы экзоскелета для удобной и стабильной помощи. Приложение для смартфонов также было разработано для того, чтобы облегчить пациентам и терапевтам изучение и использование системы экзоскелета. Разработчики набрали четырех парализованных пациентов для проведения соответствующих клинических испытаний [3].

A B

Рисунок 2 – Экзоскелеты для помощи передвижения. (А) носимая система ReWalk, (В) экзоскелет нижних конечностей, разработанный в Китайском университете Гонконга.

Экзоскелеты нижних конечностей для увеличения силы человека

Экзоскелеты нижних конечностей, разработанные для увеличения силы человека, могут повысить его силу и выносливость во время локомоции и позволяют людям выполнять задачи, которые они не могут легко выполнять самостоятельно. Они могут предоставить солдатам, работникам по оказанию помощи в случае стихийных бедствий, борцам с лесными пожарами и другим сотрудникам по чрезвычайным ситуациям возможность для перевозки тяжелых грузов, таких как продовольствие, спасательное оборудование, предметы первой помощи, средства связи и оружие [1].

Примерно два десятилетия назад исследовательская группа Калифорнийского университета в Беркли (University of California Berkeley, Калифорния, США) начала работать в области экзоскелетов. Экзоскелет нижних конечностей Berkeley (BLEEX), показанный на рис. 3А, был разработан для помощи солдатам в переноске тяжелых грузов [4]. У него есть семь степени свободы на ногу: три степени свободы в тазобедренном суставе, один степени свободы в коленном суставе и три степени свободы в голеностопном суставе. Среди этих степени свободы, сгибание, разгибание бедра, отведение, приведение бедра, сгибание, разгибание колена и дорсифлексия лодыжки, подошвенное сгибание приводятся в действие линейными гидравлическими приводами. Остальные степени свободы пассивно приводятся в действие стальными пружинами и эластомерами.

Было сообщено, что владельцы BLEEX могут ходить со средней скоростью 1,3 м/с, неся при этом 34-килограммовую полезную нагрузку. Эта группа также разработала несколько других экзоскелетов: ExoHiker, ExoClimber и Human Universal Load Carrier [1].

Гибридная вспомогательная конечность (HAL) была разработана университетом Цукубы в Япония, для нескольких применений, таких как помощь здоровым людям в повышении их силы и помощь людям с нарушениями подвижности в выполнении основных повседневных движений. Системы HAL имеют различные конфигурации, такие как полнотелая версия, двухногая версия и одноногая версия. Пятая версия HAL (HAL-5) это полнотелый экзоскелет, предназначенный для увеличения силы трудоспособных людей и для реабилитации. HAL-5 имеет восемь управляемых шарниров, которые включают в себя суставы нижних конечностей и суставы верхних конечностей, и приводится в действие электродвигателями. Это позволяет рабочим перевозить более тяжелые грузы и выполнять функции помощи в аварийно-спасательных работах. HAL-5 может помочь человеку держать и поднимать тяжелые предметы весом до 70 кг [3–1–5].

Вспомогательный робот Hanyang Exoskeleton (HEXAR) - это экзоскелет нижних конечностей, разработанный Ханьянским университетом в Сеуле, Южная Корея (рис. 3B). Это малоподвижная носимая экзоскелетная система, разработанная для того, чтобы помочь людям переносить тяжелые грузы. Экзоскелет имеет в общей сложности 15 степени свободы: семь степени свободы для каждой ноги и один степени свободы в поясничном суставе. Только сгибание, разгибание бедра и колена степени свободы приводятся в действие электрическими двигателями. Этот экзоскелет состоит из центрального модуля ремней безопасности туловища, модуля тазобедренного сустава, модуля коленного сустава и модуля голеностопного сустава. Модуль жгута проводов туловища соединяет экзоскелет и владельца. При постоянном силовом механизме модуль тазобедренного сустава выдерживает вес верхней экзоскелетной системы и ее нагрузку. Модуль голеностопного сустава несет на себе весь экзоскелетной системы и обеспечивает двигательную силу для ходьбы с собственной упругой деформацией за счет потенциальной энергии. Владелец может ходить со скоростью 1,5 км/ч при загруженном весе 40 кг [10].

Помимо упомянутых ранее экзоскелетов, во всем мире было разработано множество других экзоскелетов. Для помощи пациентам с нарушениями подвижности экзоскелет LOPES был разработан университетом Твенте (Enschede, The Netherlands) в качестве тренажера для тренировки походки, экзоскелет ANdROS был разработан Гарвардской Медицинской школой (Cambridge, MA, USA) и реабилитационной больницей Spaulding Rehabilitation Hospital (Charlestown, MA, USA) в качестве носимого и портативного

инструмента для реабилитации походки, а человеко машинное взаимодействие между парализованным человеком и реабилитационным экзоскелетом было разработано Шанхайским университетом (Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China) для оказания помощи больным с параличом нижних конечностей. Для увеличения физических способностей здоровых людей экзоскелет HERCULE, который был разработан компанией RB3D в Осере, Франция, используется для повышения силы владельца. Экзоскелет медсестры-ассистента был разработан Технологическим институтом Kanagawa в Atsugi, Япония, чтобы помощь медсестрам в переносе пациентов. Роботизированный экзоскелет мягких нижних конечностей был разработан Wehner и др. в Гарвардском университете (Cambridge, MA, USA) для увеличения нормальной мышечной функции у здоровых людей, а недоиспользуемый экзоскелет ног для увеличения нагрузки был разработан Массачусетским Технологическим институтом Media Laboratory (Cambridge, MA, USA) [1–2–3].

A B

Рисунок 3 – Экзоскелеты для увеличения силы человека. (A) экзоскелет нижних конечностей Berkeley (BLEEX) B) экзоскелет HEXAR-HL

Для управления экзоскелетом, чтобы обеспечить разумную, эффективную и комфортную помощь владельцу, необходимо получать различные типы данных о движении системы человек-экзоскелет во время движения. Измеренные данные о движении могут быть использованы для распознавания интенсивности движения владельца, анализа состояния движения и характера походки, а также оценки эффективности движения. Существует три типа биомеханических данных, обычно связанных с движением человека:

кинематические данные, такие как положение тела и углы наклона суставов; кинетические данные, такие как крутящий момент сустава человека, силы реакции земли и сила взаимодействия между носителем и экзоскелетом; и биоэлектрические данные, такие как электромиографические сигналы и сигналы мозга. Для измерения этих данных движения в системе экзоскелета обычно используются различные типы датчиков. Например, для измерения кинематических данных обычно используются энкодеры, потенциометры и блок измерения инерции, в то время как датчики силы, крутящего момента используются для сбора кинетических данных. С помощью нескольких сенсорных систем в аппаратном обеспечении и алгоритмов слияния датчиков в программном обеспечении контроллеры экзоскелетов могут получать и обрабатывать данные о движении для целей управления движением. При получении данных о движении помощь в движении экзоскелета может быть инициирована в соответствии с намерением владельца. Например, в мультисенсорной системе CUHK-EXO IMUs монтируются на рюкзаке для получения положения туловища владельца, а датчики давления проектируются в стельках и интеллектуальных костылях для определения состояния контакта с землей системы человеческого экзоскелета. С помощью этой информации центр тяжести владельца может быть вычислен в режиме реального времени, и намерение владельца движения может быть оценено путем обнаружения изменения в данные о движении. При управлении экзоскелетом ReWalk используется датчик наклона для оценки интенсивности ходьбы владельца. Наклон вперед верхней части тела владельца инициирует первый шаг пациента, и функциональная естественная походка генерируется при повторном смещении веса тела [6–7–8–9].

Поскольку биоэлектрические сигналы, измеряемые носителем, непосредственно указывают на намерение пациента двигаться, они также часто используются в системе экзоскелета. В сенсорной системе экзоскелета HAL-5 датчики электромиографические прикрепляются к коже владельца для определения активности мышц-разгибателей и сгибателей коленных и тазобедренных суставов. Измеряются сигналы напряжения, связанные с мышечной активностью [10].

Результаты и обсуждение

Экзоскелетные системы интегрируют передовые технологии механики, материалов, электроники, бионики, технологии управления и искусственного интеллекта. За последние несколько лет прогресс в развитии ли был замечательным. Были достигнуты значительные улучшения в производительности, износостойкости и переносимости экзоскелетов. Кроме того, были разработаны некоторые небольшие и легкие приводы, удобные интерфейсы человек – экзоскелет, а также эффективные и долговечные

источники питания. Кроме того, изменения в моделях человеческого тела и биомеханике походки обеспечивают необходимый фон для проектирования устройств, которые точно имитируют динамику движения владельца. Однако при разработке и применении осадка остается еще много проблем.

Выводы

В условиях старения общества и увеличения числа пациентов с нарушенной подвижностью нет никаких сомнений в том, что экзоскелетов нижних конечностей будет играть важную роль в терапевтической помощи и в реабилитации опорно - двигательного аппарата. Кроме того, использование осадка также является перспективным в промышленности для оказания помощи трудоспособным работникам с тяжелыми задачами. В данной работе авторы представили типичные и доступные в настоящее время системы ли. Затем были обсуждены сенсоры и методы, используемые в экзоскелетах для получения намерения движения владельца и анализа эффективности движения. Также были обобщены стратегии контроля осадка для каждого типа применения. Чтобы улучшить существующие осадки для будущего широкого применения, усилия должны быть сосредоточены на аспектах материалов, исполнительных механизмов, взаимодействия человека и машины, безопасности, энергетической эффективности и экономической эффективности экзоскелетов.

Список использованных источников

1 **Жетенбаев, Н. Т.** «Экзоскелет роботы для нижних конечностей» Труды Международной научно-практической online конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 12), 18–19 июня 2020 г.

2 **Исабеков, Ж. Н., Ковальчук, А. К., Жетенбаев, Н. Т.** «Экзоскелеты нижных конечностей: краткий обзор» журнал Вестник КазАТК № 1 (108), С. 75–83., 2019; г. Алматы, Казахстан.

3 **Zhetenbaev, N. T., Balbayev, G. K., Ceccarelli, M., Issabekov, Zh. N.** «Brief history of exoskeletons», VESTNIK KazNRTU 2019 № 6., P. 292–295.

4 **Жетенбаев, Н. Т., Балбаев, Ғ. Қ., Исабеков, Ж. Н., Нұрғизат, Е. С.** «Будущее медицинского робота экзоскелета» International scientific journal «Global science and innovations 2020: central asia» Nur-sultan, Kazakhstan, june-july 2020. – С. 26–29.

5 **Zhetenbaev, N.T., Balbayev, G. K., Ceccarelli, M.** «Terminology and classification of exoskeletons», VESTNIK KazNRTU 2019 № 6., P. 285–292.

6 **Жетенбаев, Н. Т., Балбаев, Г. К.** «Изготовление экзоскелета стопы, состоящего из искусственной мышцы» МАТЕРИАЛЫ международной научной конференции студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ»

Алматы, Казахстан, 6–9 апреля 2020 года РАЗДЕЛ 3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА 83 стр.

7 **Жетенбаев, Н. Т., Аманкосов, Т. Г., Сакаев, А. Д., Балбаев, Г. К.** «Экзоскелет с искусственным мышцом» «SCIENCE A SCIENCE AND EDUCATION IN THE MODERN WORLD: CHALLENGES OF THE XXI CENTURY» NUR-SULTAN, KAZAKHSTAN, APRIL 2020.

8 **Жетенбаев, Н. Т.** «Дизайн экзоскелета для нижних конечностей» XI Международная научно-техническая конференция «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование» посвященная 45-летию образования Алматинского университета энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева. Материалы конференции 16–18 октября 2020 г.

9 **Rupal, B. S., Singla, A., and Virk, G. S.** «Lower limb Exoskeletons: A Brief Review», Conference on Mechanical Engineering and Technology (COMET2016), IIT (BHU), Varanasi, India, 2016.

10 **Viteckova, S., Kutilek, P., and Jirina, M.** «Wearable lower limb robotics: A review» Biocybernetics and Biomedical Engineering, vol. 33, pp. 96–105, 2013.

References

1 **Zhetenbaev, N. T.** «E`kzoskelet roboty` dlya nizhnix konechnostej» Trudy` Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj online konferencii «Integraciya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – osnova realizacii Plana nacii». [Zhetenbayev, N. T. «Robots Exoskeleton for lower extremities» Proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference «Integration of Science, education and production-the basis for the implementation of the National Plan»]. (Saginovsky Readings No. 12), June 18–19, 2020.

2 **Isabekov, Zh. N., Koval`chuk, A. K., Zhetenbaev, N. T.** «E`kzoskelety` nizhny`x konechnostej: kratkij obzor». [Izabekov, Zh. N., Kovalchuk, A. K., Zhetenbayev, N. T. «Exoskeletons of the lower extremities: a brief overview»]. KazATK Bulletin No. 1 (108), P. 75–83., 2019; Almaty, Kazakhstan.

3 **Zhetenbaev, N. T., Balbayev, G. K., Ceccarelli, M., Issabekov, Zh. N.** «Brief history of exoskeletons», VESTNIK KazNRTU 2019 № 6., R. 292–295.

4 **Zhetenbaev, N. T., Balbaev, Ғ. Қ., Isabekov, Zh. N., Nұrғizat, E. S.** «Budushhee medicinskogo robota e`kzoskeleta» International scientific journal «Global science and innovations 2020: central asia». [Zhetenbayev, N. T., Balbayev, G. K., Isabekov, Zh. N., Nurgizat, E. S. «The future of the medical robot exoskeleton» International Scientific Journal «Global Science and Innovation 2020: Central Asia»]. Nur-Sultan, Kazakhstan, June-July 2020. – P. 26–29.

5 **Zhetenbaev, N.T., Balbayev, G. K., Ceccarelli, M.** «Terminology and classification of exoskeletons», VESTNIK KazNRTU 2019 № 6., R. 285–292.

6 **Zhetenbaev, N. T., Balbaev, G. K.** «Izgotovlenie e`kzoskeleta stopy`, sostoyashhego iz iskusstvennoj my`shcy» MATERIALY` mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov i molody`x ucheny`x «FARABI ӘLEMI». [Zhetenbayev, N. T., Balbayev, G. K. «Making an exoskeleton of the foot consisting of an artificial muscle» MATERIALS of the international scientific conference of students and young scientists «FARABI ALEMI»]. Almaty, Kazakhstan, April 6–9, 2020 SECTION 3. THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS 83 p.

7 **Zhetenbaev, N. T., Amankosov, T. G., Sakaev, A. D., Balbaev, G. K.** «E`kzoskelet c iskusstvenny`m my`shczom» «SCIENCE A SCIENCE AND EDUCATION IN THE MODERN WORLD: CHALLENGES OF THE XXI CENTURY». [Zhetenbayev, N. T., Amankosov, T. G., Sakaev, A.D., Balbayev, G. K. «Science and education in the modern world: challenges of the XXI century»]. Nur-Sultan, Kazakhstan, April 2020.

8 **Zhetenbaev, N. T.** «Dizajn e`kzoskeleta dlya nizhnix konechnostej» XI Mezhdunarodnaya nauchno-texnicheskaya konferenciya «E`nergetika, infokommunikacionny`e texnologii i vy`sshee obrazovanie» posvyashhennaya 45-letiyu obrazovaniya Almatinskogo universiteta e`nergetiki i svyazi imeni Gumarbeka Daukeeva. [Zhetenbayev, N. T. «Design for the lower extremities exoskeleton» XI International Scientific and Technical Conference «Energy, infocommunication technologies and higher Education» dedicated to the 45th anniversary of the formation of the Gumarbek Daukeev]. Almaty University of Energy and Communications. The proceedings of the conference on 16-18 October 2020.

9 **Rupal, B. S., Singla, A., and Virk, G. S.** «Lower limb Exoskeletons: A Brief Review», Conference on Mechanical Engineering and Technology (COMET2016), IIT (BHU), Varanasi, India, 2016.

10 **Viteckova, S., Kutilek, P., and Jirina, M.** «Wearable lower limb robotics: A review» Biocybernetics and Biomedical Engineering, vol. 33, P. 96–105, 2013.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Н. Т. Жетенбаев[1], Г. К. Балбаев[2]

Төменгі аяқ экзоскелеттерінің соңғы дамуы мен мәселелері

[1]Сәтбаев университеті, Ә. Бүркітбаев атындағы
Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;
[2]Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы
Энергетика және Байланыс Университеті,
Ғарыш инженериясы және телекоммуникациялар институты
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

N. T. Zhetenbaev[1], G. K. Balbaev[2]

Recent developments and problems of lower limb exoskeletons

[1]Satbayev University,
A. Burkitbaev Institute of Industrial Automation and Digitalization,
Republic of Kazakhstan, Almaty;
[2]Almaty University of Power Engineering and
Telecommunications named Gumarbek Daukeyev,
Institute of Space Engineering and Telecommunications,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 11.12.20.

Мақалада экзоскелеттер қарастырылады бұл адамның ақыл – ойы мен робот күшін біріктіретін роботты жүйелер. Бұл мақала алғаш рет экзоскелеттердің жалпы тұжырымдамасын енгізеді және төменгі аяқтың бірнеше типтік экзоскелеттерін үш негізгі қосымшада қарастырады. (жүрісті қалпына келтіру, адамның локомотивтік қозғалысына көмектесу және адамның күшін арттыру) Сонымен қатар жүріс иесінің қозғалыс және төменгі аяқ экзоскелеттерін бақылау стратегияларын жүйелі түрде шолуды қамтамасыз етеді.

Кілтті сөздер: экзоскелет; жүрісті оңалту; адамға локомотивті көмек; медициналық құрылғы.

The article discusses the exoskeleton is a wearable robotic systems that combine human intelligence and the power of the robot. This article introduces the general concept of exoskeletons for the first time and examines several typical lower limb exoskeletons in three main applications (gait rehabilitation, human locomotion assistance, and human strength enhancement), and provides a systematic overview of the acquisition of the wearer's movement intent and control strategies for lower limb exoskeletons.

Keywords: exoskeleton; gait rehabilitation; human locomotion assistance; medical device.

МРНТИ 44.29.31

https://doi.org/10.48081/YOPW9413

Д. Д. Исабеков[1], О. М. Талипов[2], М. Ж. Мусагажинов[3]
[1,2]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[3]Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Павлодар, г. Нур-Султан

МАКСИМАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА НА ГЕРКОНАХ

В настоящей статье авторы впервые предлагают максимальную токовую защиту (МТЗ), выполненную на герконах, на примере её реализации в ячейке КРУ.

Представленная МТЗ позволяет осуществить выбор уставок, с помощью дистанционного перемещения герконов относительно плоскости токоведущих шин с помощью электродвигателей, а отсутствие использования металлоёмких и дорогостоящих трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками уменьшают материальные затраты на построение токовых защит для любых электроустановок.

Ключевые слова: геркон, пластина, токоведущая шина, поддерживающая планка, электродвигатель, времязадающий и исполнительный орган.

Введение

Как неоднократно отмечалось на международных конференциях по большим энергетическим системам (СИГРЭ), что одной из нерешённых задач электроэнергетики является разработка релейной защиты (РЗ) без трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками, являющихся как известно дорогостоящими и металлоемкими [1–3]. Максимальная токовая защита, являясь одним из самых простых устройств РЗ, широко применяется для защиты различных электроустановок от коротких замыканий [4]. Однако МТЗ получает информацию от трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками, имеющих общепризнанные недостатки [5]. Работы по созданию ресурсосберегающих защит на основе других датчиков тока, кроме вышеназванных трансформаторов тока ведутся еще с 60-х годов прошлого столетия и являются актуальными по сегодняшний день [6–7]. При этом одним из направлений по созданию таких токовых защит является их построение на герконах. За эти годы были разработаны основы построения ряда таких

защит [8–11]. В данной работе рассматривается впервые предлагаемая МТЗ на герконах с дистанционным выбором уставок, на примере её реализации в ячейке серии К-63.

Объект исследования: релейная защита электроустановок, подключенных к ячейкам КРУ

Предмет исследования: релейная защита и автоматика систем электроснабжения

Цель: построение релейной защиты различных электроустановок на магниточувствительных элементах-герконах

Назначение: использование вместо традиционных и широко применяемых в промышленности устройств максимальных токовых защит.

Методы и результаты исследования: тщательная проработка научных статей и патентов по данной тематике в результате исследования позволила предложить новое устройство максимальной токовой защиты для защиты различных электроустановок.

Результаты и обсуждение

Максимальная токовая защита на герконах реализовывалась с помощью устройства, состоящего из трёх блоков крепления, каждый из которых содержит пластину 1 (рис.1), на наружной стороне которой закреплены по три геркона 2, 3, 4 с помощью первых болтов 5 к клемнику 6, под разными углами к плоскости поперечного сечения токоведущей шины 7, первый 8 и второй электродвигатели, первый 10 и второй 11 приводной вал, электродвигатели 8 и 9 соединены с первым 10 и вторым 11 приводным валом с помощью первой 12 и второй 13 муфт, пластина 1 перемещается с помощью первой 14 приводной втулки и с установленными на ней первыми ушками 15, через которые проходят первая 16 и вторая 17 ходовые оси, прикреплена к первой приводной втулке 14 с помощью первого держателя 18, первая приводная втулка 14 соединяется с помощью первого держателя 18 с первым приводным валом 10, с возможностью перемещения по нему до ограничительного упора 19, относительно шины 7, начало и концы первой 16 и второй ходовых 17 осей прикреплены к первой 20 и второй 21 поддерживающей планке, а начало и концы третьей 22 и четвёртой 23 ходовых осей прикреплены к третьей 24 и четвёртой 25 поддерживающей планке, начало и концы ходовых осей 16, 17, 22 и 23 фиксируются к поддерживающим планкам 20, 21, 24 и 25 с их внутренней стороны с помощью шайб 26, 27, 28, 29, а с наружной стороны с помощью вторых болтов 30, 31, 32, 33, на первой 20 и третьей 21 поддерживающей планке с помощью третьих болтов 34, 35 закреплены первый 8 и второй 9 электродвигатели, на четвёртой 25 поддерживающей планке- полый цилиндр 36, а также концы третьей 22 и четвёртой 23 ходовых осей, на втором держателе 37 с установленными по его сторонам

вторых ушек 38, через которые проходят третья 22 и четвёртая 23 ходовые оси, крепится первая поддерживающая планка 20 с установленными на ней первым 8 электродвигателем, первым 10 приводным валом, пластиной 1 и установленной на ней первыми ушками 15, прикреплённой ко первой 14 приводной втулке с помощью первого держателя 18, ограничительным упором 19, закреплённого на первом приводном валу 10 с помощью четвёртого болта 39, первой 16 и второй 17 ходовых осей с шайбами 26 и 27, а также вторыми болтами 30 и 31 (рис.1, 2).

Первая поддерживающая планка 20 перемещается по второму приводному валу с помощью второй приводной втулки 40 при включении второго 9 электродвигателя. Полый цилиндр 36 соединен со вторым 11 приводным валом. Первый и второй держатели присоединяются к первой 14 и второй 40 приводной втулке с помощью пятых болтов 41.

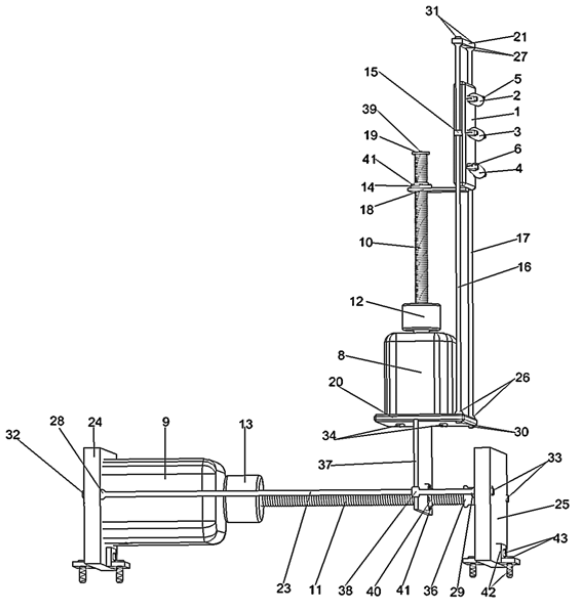


Рисунок 1 – Устройство для крепления герконов

Для регулирования передвижением электродвигателей имеется микроконтроллер и число его оборотов заложено в его программу.

Регулирование тока срабатывания МТЗ от коротких замыканий осуществляют путем приближения к токоведущей шине 7 пластины 1 с герконами каждой фазы (рис.2). Для одной защиты используют один из

герконов. В кабельном отсеке на безопасном расстоянии от токоведущих шин устанавливают три блока крепления герконов, подключают времязадающий и исполнительный органы.

Поперечное перемещение пластины 1 с герконами до шины 7 выполняют включением второго электродвигателя 9 закреплённого на третьей поддерживающей планке 24 с помощью третьих болтов 35, по или против часовой стрелки, при этом второй держатель 37 осуществляет движение по второму приводному валу 11 в направлении

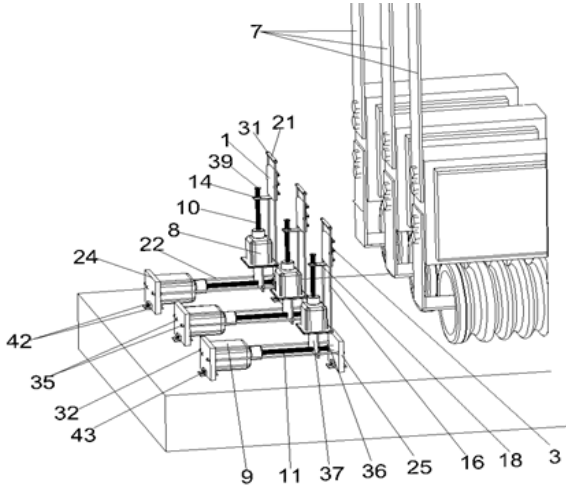


Рисунок 2 – Расположение устройства для крепления герконов в кабельном отсеке ячейки КРУ

к или от токоведущей шины 7 с помощью второй приводной втулки 40, с обеих сторон данного держателя 37 установлены вторые ушки 38, через которые при движении проходят третья 22 и четвёртая 23 ходовые оси, при чём на данном держателе 37 крепится первая поддерживающая планка 20 с установленными на ней первым электродвигателем 8 с первым приводным валом 10 и первой муфтой 12, пластиной 1 с герконами и установленной на ней первыми ушками 15, прикреплённой к первой приводной втулке 14 с помощью первого держателя 18, ограничительным упором 19, закреплённого на первом приводном валу 10 с помощью четвёртого болта 39, первой 16 и второй 17 ходовых осей (рис. 1). Перемещение пластины 1 в направлении к токоведущей шине 7 осуществляется до полого цилиндра 36, а в направлении от данной токоведущей шины 7 до второй муфты 13.

Продольное перемещение пластины 1 с герконами относительно той же токоведущей шины 7 осуществляется включением первого электродвигателя 8, закреплённого на первой поддерживающей планке 20 с помощью третьих болтов 34, по или против часовой стрелки, при этом пластина 1 с герконами приходит в движение верх - вниз по первому приводному валу 10 посредством первой приводной втулки 14, с обеих сторон данной пластины 1 установлены первые ушки 15, через которые при движении проходят первая 16 и вторая 17 ходовые оси, перемещение пластины 1 в верхней части осуществляется до ограничительного упора 19, а в нижней части до первой муфты 12.

Перед установкой конструкции для крепления герконов в ячейку КРУ рассчитывают расстояние и угол, под которым герконы должны находиться по отношению к силовым линиям магнитного поля, создаваемого током в токоведущей шине 7 до герконов, а также рассчитывают значение тока срабатывания МТЗ в шине 7, при котором должна сработать МТЗ и по табличным данным принимают герконы с заданной МДС (рис.2).

В режиме номинальной нагрузки по защищаемой электроустановке протекает ток, не превосходящий максимальный рабочий, и на герконы действует магнитное поле, величина индукции которого недостаточна для их срабатывания и МТЗ в свою очередь не срабатывает.

При возникновении короткого замыкания на выводах защищаемой электроустановки, ток в токоведущих шинах становиться больше тока срабатывания защиты. При этом один из герконов замыкает свои контакты и подает сигнал на вход времязадающего органа, который через выдержку времени подает сигнал на вход исполнительного органа, тот срабатывая подает сигнал на отключение электроустановки.

Выводы

Максимальная токовая защита с представленным для её реализации устройством позволяет осуществить выбор уставок, с помощью дистанционного и плавного перемещения герконов относительно плоскости токоведущих шин посредством электродвигателей, а низкая себестоимость самих герконов, отсутствие использования металлоёмких и дорогостоящих трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками уменьшают материальные затраты на построение таких токовых защит для любых электроустановок.

Список использованных источников

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

2 **Кожович, Л. А., Бишоп, М. Т.** (Cooper Power Systems, США). Современная релейная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского [Текст] // Журнал «Современные направления развития релейной защиты и автоматики энергосистем» – Сборник докладов конференции CIGRE – М. : Научно-инженерное информационное агентство, 2009, С. 49–59.

3 **Клецель, М. Я.** Основы построения релейной защиты на герконах [Текст] // Журнал «Современные направления развития релейной защиты и автоматики энергосистем»: сб. докл. междунар. науч.-технич. конф. – Екатеринбург, 2013. – С. 1–10.

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

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

6 **Клецель, М. Я. Мусин, В. В.** О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформаторов тока [Текст] // Журнал «Электротехника» – М., 1987. № 4, С. 11–13.

7 **Клецель, М. Я., Мусин, В. В.** Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах [Текст] // Журнал «Промышленная энергетика» – 1990. – № 4. – С. 32–36.

8 Патент 2678189 Российской Федерации, МПК H02H 3/08. Устройство для токовой защиты электроустановок /Клецель М. Я., Никитин К. И., Машрапов Б. Е., Исабеков Д. Д.; заявл. 09.01.2018; опубл. 24.01.2019, бюл. № 3.

9 Патент 2670720 Российской Федерации, МПК H01H 47/00. Устройство для крепления герконов в ячейках комплектных распределительных устройств / Клецель М. Я., Талипов О. М., Исабеков Д. Д., Шолохова И. И.; заявл. 14.06.2017; опубл. 24.10.2018, бюл. № 34.

10 Патент 34420 Республики Казахстан, МПК G01R 33/02. Установка для исследования электромагнитного поля внутри комплектного распределительного устройства / Исабеков Д. Д.; заявл. 18.04.2018; опубл. 26.06.2020, бюл. № 25.

11 Патент 34367 Республики Казахстан, МПК H02H 7/22. Устройство максимальной токовой защиты на герконах / Клецель М. Я, Машрапов Б. Е, Исабеков Д. Д, Бабашев С. М.; заявл. 10.10.2018; опубл. 05.06.2020, бюл. № 22.

References

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

2 **Kozhovich, L. A., Bishop, M. T.** (Cooper Power Systems, SShA). Sovremennaya relejnaya zashhita s datchikami toka na baze katushki Rogovskogo [Tekst] // Zhurnal «Sovremenny`e napravleniya razvitiya relejnoj zashhity` i avtomatiki e`nergosistem». [Kozhovich L. A., Bishop M. T. (Cooper Power Systems, USA). Modern relay protection with current sensors based on the Rogowski coil [Text] // Journal «Modern trends in the development of relay protection and automation of power systems» – Collection of reports of the conference CIGRE]. – M. : Scientific and Engineering Information Agency, 2009, P. 49–59.

3 **Klecel`, M. Ya.** Osnovy` postroeniya relejnoj zashhity` na gerkonax [Tekst] // Zhurnal «Sovremenny`e napravleniya razvitiya relejnoj zashhity` i avtomatiki e`nergosistem»: sb. dokl. mezhdunar. nauch.-texnich. konf. [Kletsel M. Ya. Fundamentals of building relay protection on reed switches [Text] // Journal «Modern trends in the development of relay protection and automation of power systems»: collection of articles. report int. scientific and technical conf]. – Yekaterinburg, 2013. – P. 1–10.

4 **Andreev, V. A.** Relejnaya zashhita i avtomatika sistem e`lektrosnabzheniya [Tekst]: uchebnik dlya vuzov– Izd. 4-e, perer. i dop. [Andreev V. A. Relay protection and automation of power supply systems [Text]: textbook for universities – Ed. 4th, ref. and add]. – M. : Higher. shk., – M., 2006. – 639 p.

5 **Kazanskij, V. E.** Izmeritel`ny`e preobrazovateli toka v relejnoj zashhite. [Kazansky V.E. Measuring current transducers in relay protection]. – M. : Energoatomizdat, 1988, 240 p.

6 **Klecel`, M. Ya. Musin, V. V.** O postroenii na gerkonax zashhit vy`sokovol`tny`x ustanovok bez transformatorov toka [Tekst] // Zhurnal «E`lektrotexnika». [Kletsel M. Ya. Musin V. V. About the construction of high-voltage installations on reed switches without current transformers [Text] // Journal «Electrical Engineering»]. -–M., 1987. No. 4, P. 11–13.

7 **Klecel`, M. Ya., Musin, V. V.** Vy`bor toka srabaty`vaniya maksimal`noj tokovoj zashhity` bez transformatorov toka na gerkonax [Tekst] // Zhurnal «Promy`shlennaya e`nergetika». [Kletsel M. Ya., Musin V. V. Selection of the operating current of the overcurrent protection without current transformers on reed switches [Text] // Journal «Industrial Energy»] – 1990. – No. 4. – P. 32–36.

8 Patent 2678189 Rossijskoj Federacii, MPK N02N 3/08. Ustrojstvo dlya tokovoj zashhity` e`lektroustanovok /Klecel` M. Ya., Nikitin K. I., Mashrapov B. E., Isabekov D. D.; zayavl. 09.01.2018; opubl. 24.01.2019, byul. № 3. [Patent 2678189 of the Russian Federation, IPC H02H 3/08. Device for current protection

of electrical installations / Kletsel M. Ya., Nikitin K. I., Mashrapov B. E., Isabekov D. D.; declared 01/09/2018; publ. 24.01.2019, bul. No. 3].

9 Patent 2670720 Rossijskoj Federacii, MPK H01H 47/00. Ustrojstvo dlya krepleniya gerkonov v yachejkax komplektny`x raspredelitel`ny`x ustrojstv / Klecel` M. Ya., Talipov O. M., Isabekov D. D., Sholoxova I. I.; zayavl. 14.06.2017; opubl. 24.10.2018, byul. № 34. [Patent 2670720 of the Russian Federation, IPC H01H 47/00. A device for fastening reed switches in the cells of complete switchgears / Kletsel M. Ya., Talipov O. M, Isabekov D. D, Sholokhova I. I; declared 06/14/2017; publ. 24.10.2018, bul. No. 34].

10 Patent 34420 Respubliki Kazaxstan, MPK G01R 33/02. Ustanovka dlya issledovaniya e`lektromagnitnogo polya vnutri komplektnogo raspredelitel`nogo ustrojstva / Isabekov D. D.; zayavl. 18.04.2018; opubl. 26.06.2020, byul. № 25. [Patent 34420 of the Republic of Kazakhstan, IPC G01R 33/02. Installation for the study of the electromagnetic field inside the complete switchgear / Isabekov D. D.; declared 04/18/2018; publ. 06/26/2020, bul. No. 25].

11 Patent 34367 Respubliki Kazaxstan, MPK H02H 7/22. Ustrojstvo maksimal`noj tokovoj zashhity` na gerkonax / Klecel` M. Ya, Mashrapov B. E, Isabekov D. D, Babashev S. M.; zayavl. 10.10.2018; opubl. 05.06.2020, byul. № 22. [Patent 34367 of the Republic of Kazakhstan, IPC H02H 7/22. Overcurrent protection device on reed switches / Kletsel M. Ya, Mashrapov B. E, Isabekov D. D, Babashev S. M.; declared 10/10/2018; publ. 06/05/2020, bul. No. 22].

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Д. Д. Исабеков[1], О. М. Талипов[2], М. Ж. Мусагажинов[3]

Геркондағы максималды ток қорғау

[1,2]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
[3]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ., Нұр-Сұлтан қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

D. D. Issabekov[1], O. M. Talipov[2], M. Zh. Musagazhinov[3]

Maximum current protection on reed switches

[1,2]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
[3]S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar, Nur-Sultan.

Material received on 11.12.20.

Осы мақалада авторлар алғаш рет геркондарда орындалған максималды ток қорғанысын ұсынады, оны жиынтық тарату құрылғысының ұяшығында іске асыру мысалында. Берілген максималды ток қорғанысы электр қозғалтқыштарының көмегімен ток өткізгіш шиналардың жазықтығына қатысты геркондарды қашықтықтан ауыстыру арқылы тағайыншамаларды таңдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді, ферромагнитті өзекшелері бар металл сыйымды және қымбат ток трансформаторларын пайдаланудың болмауы кез келген электр қондырғылары үшін ток қорғанысын құруға материалдық шығындарды азайтады.

Кілтті сөздер: геркон, пластина, ток өткізетін шина, тіреуіш планка, электрқозғалтқышы, уақыт беретін мен атқарушы органы.

In this article, for the first time, the authors propose the maximum current protection performed on reed switches, on the example of its implementation in a cell of a complete switchgear. The presented maximum current protection allows you to select setpoints by remote movement of reed switches relative to the plane of current-carrying buses using electric motors. the absence of the use of metal-intensive and expensive current transformers with ferromagnetic cores reduces the material cost of building current protections for any electrical installations.

Keywords: reed switch, plate, busbar, support bar, electric motor, timing and executive body.

МРНТИ 47.13.06

https://doi.org/10.48081/VSSU8447

Ж. Б. Исабеков[1], А. Б. Жантлесова[2], Б. Жармакин[3], Б. Б. Исабекова[4]

[1,4]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[2,3]Казахский агротехнический университет имени С Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Нур-Султан

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ НА FPGA

В статье изложен один из простых методов проектирования для разработки современной аппаратуры в настоящее время на производственных предприятиях, так и в высших учебных заведениях, где ведутся проектирование и исследовательские разработки, не имея техническую базу. В настоящее время это стало возможно с помощью применения лабораторных комплексов, например как ISE Design Suite 14.7. Их применение позволяет скорректировать и найти нужный вариант построения современного устройства, его создание для работы на производственных предприятиях, и повести исследования. Это позволить открыть и дать возможность для молодых исследователей реализовывать свои научные идеи для реализации разработанных цифровых устройств и макетов. А также даст возможность по оказанию услуг по выпуску мелкосерийного оборудования по заказу.

Ключевые слова: ISE Design Suite 14.7, FPGA, цифровой электроника, микропроцессоры, моделирование.

Введение

Современные технологии невозможно представить без цифровой электроники. Бурное ее развитие в последние годы ставить задачи освоение данной отрасли в учебных заведениях Республики Казахстан. В условиях Казахстана считаем необходимым элементом обучения современных инженерных кадров создание условий для работы в производственных предприятиях, где ведутся проектирование и исследовательские разработки. Разработка современной аппаратуры – сложный и длительный процесс, в ходе которого решаются системные и технические задачи, выполняется проектирование элементной базы, отрабатываются алгоритмы функционирования, интерфейсы и взаимодействие блоков в составе изделия, разрабатываются конструкция и печатные платы, тестируется программное обеспечение.

В данный момент все лабораторные комплексы для проведения учебных занятий покупается в зарубежных странах и странах СНГ. На данный момент есть спрос для учебных заведений разного уровня. В данный момент одной из крупных производителей подобного оборудования является National Instruments [1]. Также производителями оборудования являются ряд российских компаний, которые специализируются на производстве учебных лабораторных центров и методическим обеспечением, такие как ООО «Учебное оборудование» [2]. Многие учебные заведения РК являются покупателями данных компаний.

Материалы и методы

Необходимость создания лабораторных комплексов с разработкой методических указаний дало бы результаты как опыт создания и проектировки, увеличило комплектацию Вузов и повысило бы компетенцию как работников, так и выпустников вузов и колледжей, а также школ. Кроме того, опыт будет полезен независимыми компаниями, осуществляющими свою деятельность в сфере производства на основе цифровых устройств прототипов и действующих макетов более сложных цифровых устройств.

Необходимость изучать новые программы и новые технологии в области цифровой технике и микропроцессорах при создании цифровых плат, которые проектируются, а затем реализуются на практике [3–4]. Сейчас многие проектируют в ISE Design Suite 14.7 [5–7]. В данном продукте можно при проектировании учесть многие вопросы.

Например, возьмем простую схему шифратора. Входам шифратора последовательно присваиваются значения десятичных чисел, поэтому подача активного логического сигнала на один из входов воспринимается шифратором как подача соответствующего десятичного числа. Этот сигнал преобразуется на выходе шифратора в двоичный код.

Выражения для выходных функций такого шифратора (рис.1) можно записать в виде:

У0=X1∨X3∨X5∨X7∨X9

У1=X2∨X3∨X6∨X7

У2=X4∨X5∨X6∨X7

У3=X8∨X9

Работа устройства иллюстрируется таблицей состояний на таблица 1.

Таблица 1 – Таблица состояний.

Входы									Выходы			
X9	X8	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	У3	У2	У1	У0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0

0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

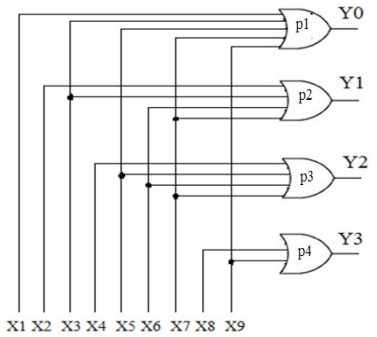
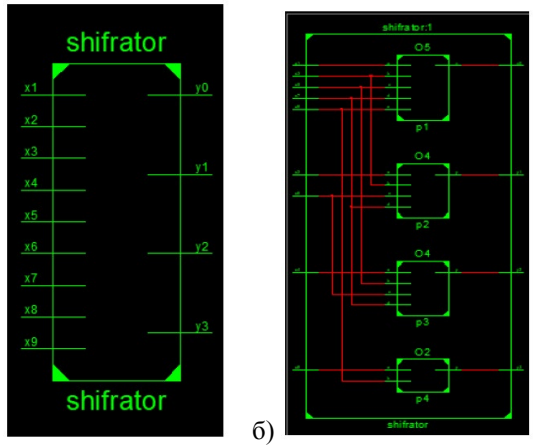


Рисунок 1 – Принципиальная схема шифратора

Принципиальную схему шифратора приведена на рисунке 1. Перейдем к описанию модели шифратора на языке VHDL в среде XILINX (ISE Design Suite 14.7). Обозначим элементы (примитивы) через p1 – p4 (рис.2-рис.4).



а) б)

Рисунок 2 – Общая (а) и расширенная (б) схемы шифратора

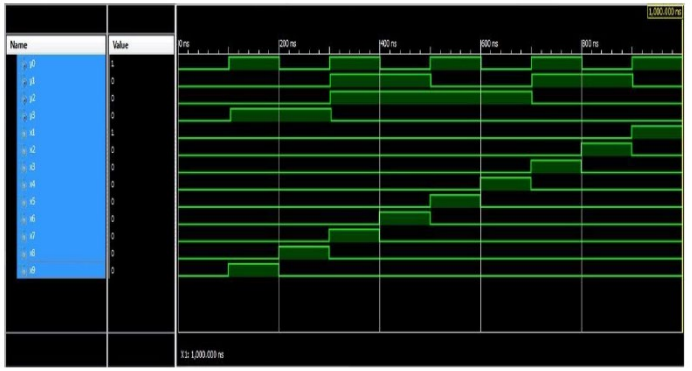


Рисунок 3 – Временная диаграмма шифратора в программной среде XILINX

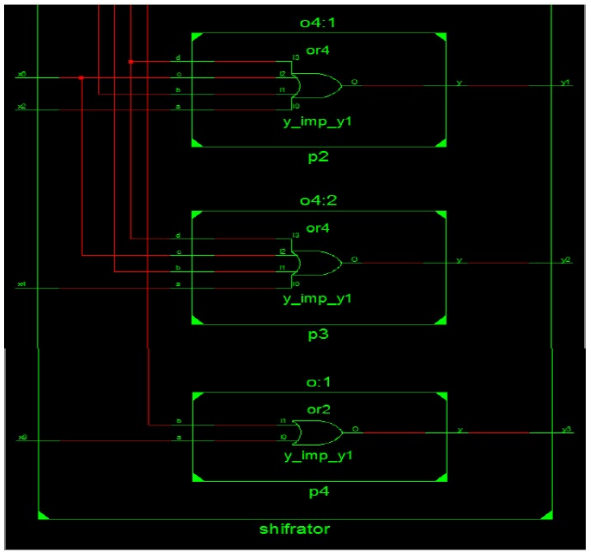


Рисунок 4 – Подробная схема шифратора

Результаты и обсуждение

Это дает возможность не только динамически управлять потоками обрабатываемых данных, но и исполнять соответствующие подзадачи, адаптируя свою проектируемую аппаратуру для их эффективного решения.

Выводы

Таким образом, существует множество методов проектирования, многие уникальны по своим особенностям и дают те или иные результаты. Программная

среда Xilinx позволяют скорректировать и найти нужный вариант построения устройства, его создание для работы на производственных предприятиях, и повести исследования. Так как разработка современной аппаратуры в нынешнее время сложно, не имея техническую базу. Поэтому наиболее простой выход – это иметь учебные комплексы. В качестве дополнения необходимость применения программного комплекса, позволяющего проектировать виртуально, для дальнейшей реализации того или иного устройства. Это позволить открыть и дать возможность для молодых людей реализовывать свои идеи для создания и реализации Start-up проектов, а также создание на основе цифровых устройств прототипов и макетов более сложных по конструкции для сторонних заказчиков. Это даст возможность оказание услуг по выпуску мелкосерийного оборудования по заказу.

Список использованных источников

1 National Instruments. [Электронный ресурс]. – http://nanolab.kz/equipment/50/.

2 Учебное оборудование. [Электронный ресурс]. – http://gkuo.ru/.

3 **Krylov, B. V., Dobychina, E. M., Malakhov, R. Y., & Sergeev, B. B.** (2014, September). Extraction of high-power multicell transistor parameters. In Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo), 2014 24th International Crimean Conference (P. 123–124)

4 **Yongqiang Ye, Yongkang Xiong,** UDE-Based Current Control Strategy for LCCL-Type Grid-Tied Inverters. 2017.

5 **Шило В. Л.** Популярные цифровые микросхемы. Справочник. – М. Радио и связь, 1989. – 352 с.

6 **Бибило П. Н.** Основы языка VHDL. Изд. 3-е, доп. – М. : Издательство ЛКИ, 2007. – 328 с.

7 **Жармакин Б. К.** Цифровая электроника с основами программирования на языке VHDL. Учебное пособие. – LAMBERT Academy Publishing, 2016. – 148 с. ISBN 978 – 3 – 659 – 87839 – 8.

References

1 National Instruments. [Electronic resource]. – http://nanolab.kz/equipment/50/.

2 Oqý jabdyqtary [Training equipment] [Electronic resource]. – http://gkuo.ru/.

3 **Krylov, B. V., Dobychina, E. M., Malakhov, R. Y., & Sergeev, B. B.** (2014, September). Extraction of high-power multicell transistor parameters. In Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo), 2014 24th International

Crimean Conference (P. 123-124).

4 **Yongqiang Ye, Yongkang Xiong,** UDE-Based Current Control Strategy for LCCL-Type Grid-Tied Inverters. 2017.

5 **Shılo, V. L.** Tanymal sandyq chıpter. Anyqtamalyǵy [Text]. – M. Radıo jáne baılanys, [Shilo V. L. Popular digital chips. Handbook [Text]. – M. Radio and communications]. – 1989. – 352 p.

6 **Bıbılo, P. N.** VHDL tiliniń negizderi. Bas. [Text] 3-shi, qosymsha – M. : LKI baspasy, [Bibilo P. N. Fundamentals of the VHDL language. [Text] Ed. 3rd, add. - M.: LKI publishing House]. – 2007. – 328 p.

7 **Jarmakın, B. K.** VHDL tilinde baǵdarlamalaý negizderi bar sandyq elektronıka [Text]. Oqý quraly. [Zharmakin B. K. Digital electronics with the basics of programming in the VHDL language [Text]. Textbook]. – LAMBERT Academy Publishing, 2016. – 148 p. ISBN 978 – 3 – 659 – 87839 – 8.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Ж. Б. Исабеков[1], А. Б. Жантілесова[2], Б. Жармакин[3], Б. Б. Исабекова[4]

FPGA бойынша өнімдерді жобалау

[1,4]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ;
[2,3]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

Zh. B. Issabekov[1], A. B. Zhantlessova[2], B. Zharmakin[3], B. B. Issabekova[4]

Designing products on FPGA

[1,4]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[2,3]S. Seifullina Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 11.12.20.

Мақалада өндіріс қондырғыларында және жоғары оқу орындарында заманауи жабдықтарды әзірлеудің қарапайым жобалау әдістерінің бірі сипатталған, онда жобалау және зерттеу техникалық негізсіз жүзеге асырылады. Қазіргі уақытта бұл ISE Design Suite 14.7 сияқты зертханалық жүйелерді пайдалану арқылы мүмкін болды. Оларды пайдалану заманауи құрылыстың қажетті нұсқасын, оның өнеркәсіптік кәсіпорындарда жұмыс істеуін және зерттеу жұмыстарын жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл жас

зерттеушілерге әзірленген цифрлық құрылғылар мен жобаларды іске асыру үшін өздерінің ғылыми идеяларын іске асыруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ сұратуы бойынша кішігірім жабдықтарды өндіруге қызмет көрсетуге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: ISE Design Suite 14.7, FPGA, сандық электроника, микропроцессорлар, модельдеу.

The article outlines one of the simplest design methods for the development of modern equipment currently in manufacturing plants and in higher education institutions, where design and research is carried out without a technical basis. Currently, this has become possible through the use of laboratory systems, such as the ISE Design Suite 14.7. Their use allows you to adjust and find the desired version of the construction of a modern device, its creation for work in industrial enterprises, and lead research. This allows to open and provide an opportunity for young researchers to implement their scientific ideas for the implementation of the developed digital devices and layouts. Also, will give the opportunity to provide services for the production of small-scale equipment on request.

Keywords: ISE Design Suite 14.7, FPGA, digital electronics, microprocessors, simulation.

МРНТИ 50.47.02

https://doi.org/10.48081/XTTK2544

А. П. Кислов, Д. С. Уразалимова, Г. Н. Бегежан
Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ БАСҚАРУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІ

Берілген мақалада технологиялық процесті жүргізу үшін басқару объектісіне әсер ететін тиімді ықпалды басқару дейді. Жалпы технологиялық процестер орындалатын барлық өндіріс жабдықтары басқару объектілеріне жатады. Алайда технологиялық процестің өзіде басқару объектісі бола алады. Әр объектіде физикалық шаманың берілген мәнін тұрақтандырып, немесе оны берілген бағытта өзгертіп отыратын басқаргыш құрылғысы болады. Басқаргыш органы арқылы объектіге белгіленген қызмет алгоритімін орындауға мүмкіндік беретін арнайы әсерлер беріліп отырады. Технологиялық процесті берілген қызмет алгоритмі бойынша өткізу мақсатына объектіге сырттан берілген арнайы нұсқаулар (ережелер) жиынтығын басқару алгоритмі дейді. Басқару объектісіне басқару алгоритміне сәйкес әсер ететін кез келген техникалық құрылғы автоматты басқару құрылғысы делінеді. Бір-бірімен байланысты және басқару алгоритміне сәйкес өзара әрекеттесе жұмыс жасайтын автоматты басқару объектісінің жиынтығы автоматты басқару жүйесі деп аталады. Өндірістік техникалық бұйымдарының дамуының әрбір кезеңі технологияның дамуының анықталған деңгейімен сипатталады. Өз кезегінде технологияның дамуының әрбір кезеңі басқару жүйесімен іске асатын сәйкес технологиялық және өндірістік процестерді автоматтандыруының лайықты деңгейін анықтайды. Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйесі технологиялық объектілерге әсер етуші басқаруды іске асыру және қабылданған критерийлерге сәйкес технологиялық объектілерді басқару үшін қажетті ақпаратты өңдеу және автоматты жинауды қамтамасыз ететін тұйықталған адамдық-машиналық жүйені анықтайды.

Кілтті сөздер: Технологиялық процесс, автоматтандыру, автоматтандырылған жұмыс орны, жүйе, басқару.

Кіріспе

Автоматтандырылған басқару жүйесі – технологиялық процесс, өндіріс, кәсіпорын ауқымында әртүрлі процестерді басқаруға арналған бағдарламалық-аппараттық құралдар кешені мен жұмыскерлердің үйлесімі. Автоматтандырылған жүйе автоматтандырылғаннан автоматты сақталуы функцияларнан (мысалы, автоматтандыруға келмейтін), яғни оларды адам (оператор) орындауы тиістігімен ерекшеленеді. «Автоматтандырылған» терминіне қарағанда, «автоматты» термині оператордың кейбір функцияларын, не неғұрлым жалпы, мақсатты сипатты, не автоматтандыруға келмейтін функцияларды сақтауды білдіреді.

Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелері өнеркәсіптік кәсіпорындарды басқарудың жалпы жүйесінің компоненті ретінде ақиқат ақпаратты және оперативті басқарудың жоғары немесе іргелес тұрған жүйелерін қамтамасыздандыратын және технологиялық процестерді мақсатты енгізуге бағытталған. Негізгі және көмекші өндірістік объектілер үшін құрылған мұндай жүйелер процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелердің төменгі деңгейін көрсетеді.

Өндірістік процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйесінің басқару критерийлері – бұл қолданыстағы басқару әсеріне байланысты нақты сандық мән қабылдайтын және басқарудың технологиялық нысанының функционалдық сапасын сипаттайтын қатынас.

Басқарудың технологиялық нысаны – технологиялық жабдықтардың және технологиялық процестердің жиынтығы. Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерінің деңгейлеріне байланысты, технологиялық агрегаттар мен қондырғылар, станоктың топтары, дербес технологиялық үдерісті жеке өндірістер басқарудың технологиялық нысандары бола алады.

Диспетчерлік басқарудың интеллектуальдық жүйесі типті жүйелердің жұмысын автоматтандыру деңгейін және тиімділігін одан әрі арттыруы мамандандырылған бағдарламалық – аппараттық кешендерді, автоматтандырылған жұмыс орындарын құру есебінен қол жеткізілуі мүмкін, автоматтандырылған жұмыс орын – ол осы жүйелердің функционалдық мүмкіндіктерін кеңейтетін және әлсіз формальды міндеттерді шешу кезінде тиімді интеллектуалды – сараптамалық қолдауды қамтамасыз етуге қабілетті, поездық жағдайды анық емес жағдайларда бағалауға және болжауға байланысты, тез өзгеретін поездық жағдайды ескере отырып, поездардың қозғалыс кестелерін түзетумен және оңтайландырумен байланысты [1].

Арнайы автоматтандырылған жұмыс орындарға жүктелетін аталған және басқа да әлсіз формальды есептерді шешу технологиялық процесс туралы шамамен, анық – белгілі ақпаратпен жұмыс істей алатын математикалық

модельдердің жаңа сыныптарын әзірлеуді, шешім шығару кезінде эвристикалық білімдер мен диспетчерлік персоналдың жұмыс тәжірибесін жинақтауды және ескеруді талап етеді. Бұл тұрғыда жасанды интеллект және шешімдер қабылдаудың қазіргі заманғы теориялары шеңберінде әзірленетін сарапшы-мамандардың біліміне негізделген интеллектуалдық үлгілерді пайдалану аса перспективалы болып табылады.

Алайда, темір жол көлігі саласында жасанды интеллект технологиясы әлі де кең қолданыс таппады және шешілетін міндеттердің нақты ерекшеліктері мен сипатын ескере отырып, өзінің дамуын талап етеді. Сондықтан, шешім қабылдауды сараптамалық қолдау кіші жүйелерінде қолдану мақсатында диспетчерлік персоналдың жалпыланған білімін анықтау, ұсыну және манипуляциялау процестерін модельдеу негізінде автоматтандырылған жұмыс орындарында диспетчерлік басқарудың интеллектуальдық жүйесі үшін интеллектуалдық математикалық модельдердің жаңа сыныптарын әзірлеу өзекті болып табылады. Жоғарыда айтылғандар зерттеудің өзектілігін, мақсаттары мен шешілетін міндеттердің шеңберін анықтайды.

Зерттеу нысаны: Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін қарастыру, поездар қозғалысын басқарудың технологиялық процестері, поездық учаскелік (тораптық) диспетчердің автоматтандырылған жұмыс орны болып табылады.

Зерттеу пәні: Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелері, штаттан тыс технологиялық жағдайларды тану, автоматтандырылған жұмыс орындарын қамтамасыз етуді автоматтандыру біліміне негіздеу болып табылады.

Зерттеу мақсаты: технологиялық жағдайларда шешім қабылдауға сараптамалық қолдауды қамтамасыз ететін мамандандырылған автоматтандырылған жұмыс орындарында пайдалану бағытында тасымалдаудың технологиялық процесін басқарудың тиімділігі мен автоматтандыру деңгейін арттыру болып табылады.

Зерттеу міндеттері: Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін қарастыру.

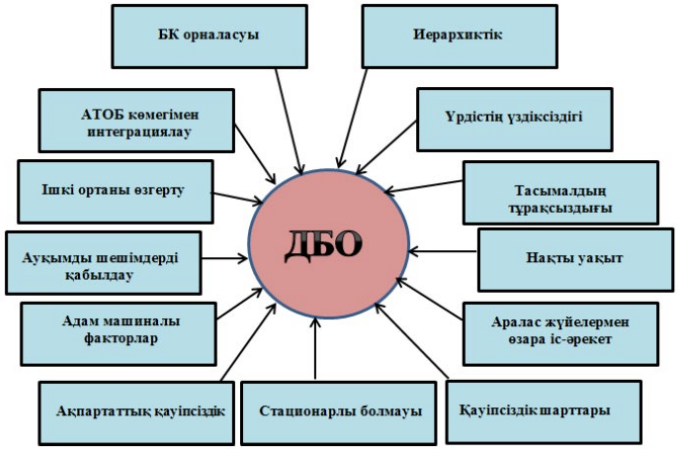
Зерттеудің әдістері мен нәтижесі

Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерінің жағдайлары.

Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін және өндірістерімен, сондай-ақ өндірісті техникалық дайындау және т. б. құрудың методологиясы, ғылыми негіздері және формальды әдістері.;

Өндірістік үрдістерді, кешендер мен интеграцияланған басқару жүйелерін сәйкестендірудің ғылыми негіздері, модельдері мен әдістері; және т. б.

Автоматтандырылжан жұмыс орны диспетчерлік орталығы және оның құрамына кіретін қамтамасыз ететін математикалық модельдерді әзірлеу технологиялық процестің ерекшеліктерін және оның өту шарттарын міндетті түрде ескере отырып жүзеге асырылуы тиіс. Зерттелетін технологиялық процесс объектілерінің ерекшеліктері мен ерекшелігін сипаттайтын негізгі факторлар 1-суретте келтірілген [2].



Сурет 1 – Диспетчерлік басқару объектілерінің жұмыс істеу жағдайларын сипаттайтын факторлар

Шешім қабылдауды болжаудың және қолдаудың жүйесін әзірлеу кезінде ескерілетін маңызды міндетті факторлары болып келеді: объектілердің аумақтық орналасуы, басқарудың иерархиясы, нақты уақыт талаптары және адам факторын есепке алу талаптары.

Поездар қозғалысы процестерін ұйымдастырудың мәнін көрсететін бақылау және басқару объектілерінің аумақтық орналасуы бөлінген деректер базаларында орналасқан тәуелсіз деректермен жұмыс істеуге қабілетті математикалық модельдерді әзірлеу мүмкіндіктерін бере алады. Бұл талаптарды детерминирленген, стохастикалық және тақ ережелерге негізделген іске асыра алатын жүйелері қанағаттандырады [3].

Нәтижелер мен талқылау. Тасымалдау процесін басқарудың иерархиясы өз кезегінде ұйымдық – техникалық құрылымға қосымша шарттар міндеттейді. Мұнда автоматтандырылған учаске немесе темір жол бағыты аймағындағы ақпаратты жинаудың, сақтаудың және өңдеудің біртектес деңгейлерін анықтау маңызды болып табылады. Бұл талапқа жасанды нейрондық желінің

(ЖНЖ) әрбір деңгейінің кіруінде бір және әр текті ақпаратпен жұмыс істейтін иерархиялық нейрожелілік модельдерді қанағаттандырады.

Нақты уақыт режимі – бұл «ДЦ-ЮГ с РКП» жұмыс істеу алгоритмдерін таңдау және оларды бағдарламалық іске асыру еркіндігінде айтарлықтай шектеу. Мұндай режимде жүйені пайдалану шарттары тиісті операциялық жүйені таңдауды алдын ала анықтайды. ДО тез істеуі мен реакциясына ақпаратты жинау, өңдеу, түрлендіру және СБОБ құрылғыларының параметрлерін өлшеу, сондай-ақ жедел ақпаратты беру мен қабылдаудың ең аз уақытын қамтамасыз ететін жоғары жылдамдықты байланыс арналарын пайдалану жағынан қол жеткізуге болады. Нақты уақыт талаптарының ережелеріне негізделген іске асыру модельдері мен нейрожелілік модельдер қанағаттандырады.

Адам-машина факторлары «ДЦ-ЮГ с РКП» жүйесіне ерекше талаптар қойды. Бұл диспетчерлік персоналдың интеллектуалды және функционалды дамыған АЖОрын құруға қатысты. Адам-машина факторларын есепке алу соңғы мақсаты, өз алдына:

– диспетчерлік буындар мен автомат арасындағы функцияларды оңтайлы бөлу, адамның салыстырмалы жүктелу деңгейін 0,7-ден асырмай қамтамасыз етеді;

– адам мен техника арасында «кіру және шығу бойынша» сипаттамаларды келісу;

Адам факторын есепке алу үшін вербализацияланған ережелерге негізделген, эмпирикалық ақпаратты және сарапшы – технологтардың әртүрлі технологиялық жағдайларда Поездар қозғалысын ұйымдастыру ерекшеліктері туралы эвристикалық білімін көрсететін нақты емес іке асыру үлгілері неғұрлым қолайлы болып табылады.

Осылайша, диспетчерлік басқару объектілерінің ерекшеліктерін талдау негізінде, ДБ жүйесі құрылымының ерекшелігін және оның жұмыс істеу шарттарын ескере отырып, АЖО ДНО арнайы математикалық қамтамасыз ету шеңберінде іске асырылған тақ-белгілі жағдайларда пойыздық жағдайды жедел болжаудың автоматтандырылған құралдары жүйесінің жалпы құрылымына интеграциялау қажеттілігі анықталды. Арнайы математикалық қамтамасыз ету ЖНЖ негізіне, өнімдік және тақ-іске асырылған ережелерге негізделген, технологиялық процестің сандық параметрлері түрінде ұсынылған объективті факторларды ескере отырып, белгісіздік жағдайында поездық жағдайдың дамуын болжауға қабілетті зияткерлік үлгілер кешенін, сондай-ақ қозғалысты ұйымдастыру туралы сарапшы-диспетчерлердің сандық параметрлердің мәндері мен эвристикалық білімдерінің мәні туралы шамамен ақпарат түрінде ұсынылған анық емес субъективті факторларды ескере отырып қою ұсынылады.

Қорытынды

Диспетчерлік басқару жүйесі құрылымының ерекшелігін және оның жұмыс істеу шарттарын ескере отырып, диспетчерлік басқару объектілерінің ерекшеліктерін талдау негізінде поездық диспетчердің шешім қабылдауын сараптамалық қолдауды қамтамасыз ететін автоматтандырылған жұмыс орнының орталығы үшін зияткерлік модельдер кешені түрінде жедел мониторингтің автоматтандырылған құралдарын, поездық жағдайды бақылау және болжаудың диспетчерлік басқару жүйесіне интеграциялау қажеттілігі анықталды.

Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелеріне жету үшін бұларда анықталған тізбектелген операцияларды және есептеу операцияларын орындау керек.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Башлыков, А. А., Вагин, В. Н., Еремеев, А. П.** Экспертные системы поддержки интеллектуальной деятельности операторов АЭС [Текст] // Вестник МЭИ. – М., 2010. – С. 27–36.

2 **Долгий, И. Д.** Системы диспетчерского контроля и управления движением поездов «ДЦ ЮГ с РКП» [Текст] : Монография – М. : Издательство Вести, 2010. – 468 с.

3 Модернизация систем автоматизации управления (на основе последних достижений в разработке подобных систем) [Электронный ресурс]. – https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-sistem-avtomatizatsii-upravleniya-na-osnove-poslednih-dostizheniy-v-razrabotke-podobnyh-sistem.

4 **Левин, Д. Ю.** Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом [Текст] – М. : МИИТ, 2011. – 120 с.

5 **Емельянов, В. В.** Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов [Текст] – М. : АНВИК, 2008. – 170 с.

6 **Бекбаев, А. Б.** Автоматика және өндірістік процестерді автоматтандыру [Текст] – Алматы : Білім, 1995. – 288 б.

7 **Ахметова, С. С.** Өнеркәсіптегі және білімдегі жаңа компьютерлік технологиялар [Текст] – Қарағанды : РББ «Болашақ – Баспа», 2015. – 131 с.

8 **Коновалов, Л. И., Петелин Д. П.** Элементы и системы автоматики [Текст] – М. : Высшая школа, 2005. – 216 с.

9 **Румянцева, Е. Л., Слесарь, В. В.** Информационные технологии [Текст] : учебное пособие. – М. : ИД «Форум»: ИНФРА-М, 2007. – 256 с.

10 **Бородин, И. Ф., Судник, Ф. А.** Автоматизация технологических процессов [Текст] – М. : Колос-С, 2004. – 344 с.

References

1 **Bashlykov, A. A., Vagin, V. N., Eremeev, A. P.** Ekspertnye sistemy podderzhki intellektual'noj deyatel'nosti operatorov AES. [Bashlykov A. A., Vagin V. N., Eremeev A. P. Expert systems for support of intellectual activity of NPP operators] [Text] // Vestnik MEI. – M. : 2010. – P. 27–36.

2 **Dolgij, I. D.** Sistemy dispetcherskogo kontrolya i upravleniya dvizheniem poezdov «DC YUG s RKP». [I. d. Systems of dispatching control and management of train traffic «DC YUG with RCP»] [Text] : Monograph – M. : Vesti publishing House, 2010. – 468 p.

3 Modernizaciya sistem avtomatizacii upravleniya (na osnove poslednih dostizhenij v razrabotke podobnyh sistem). [Modernization of control automation systems (based on the latest achievements in the development of such systems)] [Electronic resource] – https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-sistem-avtomatizatsii-upravleniya-na-osnove-poslednih-dostizheniy-v-razrabotke-podobnyh-sistem.

4 **Levin, D. YU.** Dispetcherskie centry i tekhnologiya upravleniya perevozochnym processom. [Levin D. Yu. Dispatching centers and technology of transportation process management] [Text] – Moscow : MIIT, 2011. – 120 p.

5 **Emel'yanov, V. V.** Vvedenie v intellektual'noe imitacionnoe modelirovanie slozhnyh diskretnyh sistem i processov. [Emelyanov, V. V. Introduction to intelligent simulation modeling of complex discrete systems and processes]. – Moscow : ANVIK, 2008. – 170 p.

6 **Bekbaev, A. B.** Avtomatika zhəne өndiristik procesterdi avtomattandyru. [Bekbaev A. B. Avtomatika Zhane ondiristik protsesterdi avtomattandyru] [Text] – Almaty : Bilim, 1995. – 288 p.

7 **Ahmetova, S. S.** Өnerkəsiptegi zhəne bilimdegi zhaңa komp'yuterlik tekhnologiyalar [Akhmetov S. S. Nerkar Zhana Zhane blender computerly of tekhnologiyalar] [Text] – Karagandy : RBB «Bolashak – BASPA», 2015. – 131 p.

8 **Konovalov, L. I., Petelin, D. P.** Elementy i sistemy avtomatiki. [Konovalov L. I., Petelin D. P. Elements and automation systems] [Text] – Moscow : Higher school, 2005. – 216 p.

9 **Rumyanceva, E. L., Slesar', V. V.** Informacionnye tekhnologii. [Rumyantseva E. L., Slesar V. V. Information technologies] [Text]: textbook. – M. : ID «Forum»: INFRA-M, 2007. – 256 p.

10 **Borodin, I. F., Sudnik, F. A.** Avtomatizaciya tekhnologicheskih processov [Borodin I. F., Sudnik F. A. automation of technological processes] [Text] – M. : Kolos-S, 2004. – 344 p.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

А. П. Кислов, Д. С. Уразалимова, Г. Н. Бегежан

Автоматизированная система управления технологическими процессами

Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

A. P. Kislov, D. S. Urazalimova, G. N. Begezhan

Automated control system of technological processes

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 11.12.20.

В данной статье управление эффективным воздействием, которое воздействует на объект управления для ведения технологического процесса. Все производственное оборудование, в котором выполняются общие технологические процессы, относится к объектам управления. Однако сам технологический процесс может быть объектом управления. Каждый объект имеет управляющее устройство, стабилизирующее заданное значение физической величины или изменяющее его в заданном направлении. Через орган управления на объект передаются специальные эффекты, позволяющие выполнить заданный алгоритм деятельности. Алгоритм управления набором специальных инструкций (правил), заданных извне объекту для целей проведения технологического процесса по заданному алгоритму деятельности. Любое техническое устройство, воздействующее на объект управления в соответствии с алгоритмом управления, называется устройством автоматического управления. Совокупность объектов автоматического управления, связанных между собой и работающих во взаимодействии в соответствии с алгоритмом управления, называется системой автоматического управления. Каждый этап развития производственно-технических изделий характеризуется определенным уровнем развития технологии. В свою очередь, каждый этап развития технологии определяет достойный уровень автоматизации соответствующих технологических и производственных процессов, реализуемых системой управления. Автоматизированная система управления технологическими процессами определяет замкнутую человеко-машинную систему, обеспечивающую обработку и автоматический сбор информации, необходимой для реализации управления, воздействующего на

технологические объекты, и управления технологическими объектами в соответствии с принятыми критериями.

Ключевые слова: технологический процесс, автоматизация, автоматизированное рабочее место, система, управление.

Effective impact management, which affects the object of management to carry out the technological process. All production equipment, in which general technological processes are performed, belongs to the management objects. However, the technological process itself can also be an object of management. Each object has a control device that stabilizes a given value of a physical quantity or changes it in a given direction. Through the control body, the object is given special effects that allow it to perform a certain algorithm of activity. An algorithm for managing a set of special instructions (rules) issued to an object from outside for the purpose of conducting a technological process according to a given service algorithm. Any technical device that affects the control object in accordance with the control algorithm is called an automatic control device. A set of automatic control objects that are connected to each other and work in interaction according to the control algorithm is called an automatic control system. Each stage of development of industrial and technical products is characterized by a certain level of technology development. In turn, each stage of technology development determines a decent level of automation of the corresponding technological and production processes implemented by the control system. The automated process management system defines a closed human-machine system that provides processing and automatic collection of information necessary for the implementation of Impact management on technological facilities and the management of technological facilities in accordance with accepted criteria.

Keywords: technological process, automation, automated workplace, system, control.

МРНТИ 44.37.03

https://doi.org/10.48081/UJFH9399

К. Ж. Калиева, Ж. Ж. Калиев, Г. Т. Асқанбай
Казахская академия транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева,
Республика Казахстан, г. Алматы

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛЛЕРА ОТММ

Наиболее часто используемым алгоритмом отслеживание точки максимальной мощности является алгоритм возмущения и колебания, что объясняется простотой его реализации в базовом виде. Однако у него есть и некоторые недостатки, такие как колебания вокруг точки макимальной мощности в установившемся режиме работы, а так же медленная скорость отклика из-за изменения солнечной радиации.

Алгоритм работы ВиК основан на вычислении выходной мощности фотоэлектрической установки путем измерения тока и напряжение фотоэлектрической панели. Трекер работает периодически, сравнивая фактическое значение мощности с предыдущим значением, чтобы определить изменение напряжения или тока солнечной батареи. В результате был разработан эффективный двухосный солнечный трекер и получены экспериментальные результаты. Предложен алгоритм ориентации солнечной панели по горизонтали во время облачной погоды. Разработанный солнечный трекер увеличил количество выходной энергии на 12 % по сравнению с неподвижной солнечной панелью. Были получены экспериментальные данные, которые показали, что с помощью этого алгоритма можно получить на 13 % больше энергии по сравнению с неподвижной солнечной панелью и на 27 % больше энергии чем обычный трекер.

Разработанные модели контроллеров ОТММ, с алгоритмами работы: возмущения и колебания, оптимизация потока частиц, показали энергоэффективное преобразование постоянного тока, что улучшает быстрой зарядки аккумуляторов.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль (панель), контроллер отслеживания точки максимальной мощности.

Введение

Мощность, генерируемая фотоэлектрическими модулями, зависит от уровня солнечного излучения, для обеспечения генерации максимально возможной мощности требуется контроллер отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ). Использование модели двух алгоритмов дает возможность получть максимальной точки мощности фотоэлектрического панеля. Первый метод алгоритма отслеживающий точку максимальной мощности применяется при равномерной солнечной радиации по всему фотоэлектрическому модулю, когда существует только одна точка максимальной мощности на графике кривого зависимости мощности от напряжения (PV). Второй тип алгоритма применяется, когда солнечная радиация падает неравномерно по всему периметру фотоэлектрической станции, из за чего на графике кривого зависимости мощности от напряжение выходят несколько точек максимальной мощности. Далее рассимотривается по одтельности алгоритмы метода ОТММ.

Алгоритм возмущения и колебания

Наиболее часто используемым алгоритмом отслеживание точки максимальной мощности является алгоритм возмущения и колебания (ВиК), что объясняется простотой его реализации в базовом виде. Однако у него есть и некоторые недостатки, такие как колебания вокруг точки макимальной мощности в установившемся режиме работы, а так же медленная скорость отклика из-за изменения солнечной радиации.

Алгоритм работы ВиК основан на вычислении выходной мощности фотоэлектрической установки путем измерения тока и напряжение фотоэлектрической панели. Трекер работает периодически, сравнивая фактическое значение мощности с предыдущим значением, чтобы определить изменение (увеличение или уменьшение) напряжения или тока солнечной батареи (в зависимости от программы управления). Если заданное возмущение приводит к увеличению (уменьшению) выходной мощности фотоэлектрической панели, то последующее возмущение генерируется в том же (противоположном) направлении. Алгоритм работы ОТММ приведен на рисунке 1. В начале алгоритма задается несколько переменных: ток (I) и напряжение (V) генерируемой солнечной панели; шаг коэффициента заполнение ($D_{шаг}$); мощность солнечной панели (P); предыдущие значение тока ($I_{пред}$), напряжение ($V_{пред}$), мощности ($P_{пред}$) и коэффициента заполнения. После того проверяется текущий сгенирированный мощность, если мощность равняется к нулю, то система сравнивает текущий мощность с предыдущим. Если наоборот то, работа алгоритма останавливается. В случае когда текущий мощность становиться больше чем предыдущий, то система дальше сравнивает текущий напряжение с сохраненным в прежнем цикле напряжением. Когда текущий напряжение будет больше чем предыдущи то коэффициент заполнения нарастает, если наоборот то уменьшается. Если

текущая мощность будет меньшим, то система дальше начинает сравнивать напряжении, то есть алгоритм вернется обратно к сравнению мощности. Здесь наоборот чем предыдущие сравнение. Когда достигнута точка максимальной мощности, то система колеблется вокруг этой точки. Чтобы свести к минимуму колебания, размер шага возмущения должен быть уменьшен. Однако меньший размер шага замедляет отслеживание точки максимальной мощности. В работе представлен модель алгоритма ВиК, повыщающий эффективность фотоэлектрической установки.

Достоверность и эффективность данного алгоритма можно получить с использованием программы Matlab simulink. На рисунке 2 показано модель фотоэлектрической установки с контроллером ОТММ. В электрической модели использован повыщающий-понижающий преобраователь постоянного тока. Такой преобразователь является эффективной в применении в любых фотоэлектрических станциях. Электрическая схема преобразователя постоянного тока состоит из: входного и выходного конденсатора для фильтраций напряжение; мощного, высокочастотного транзистора Mosfet стоящего в качестве ключа; высокочастотного диода; катушки индуктивности для повыщения тока; резистивной нагрузки. Так же на рисунке показаны программируемый контроллер связанный с транзистором, с помощью которого управляет всей системой; измерители тока и напряжения солнечного панеля, связанные с программируемым контроллером, которые предоставляет производимую энергию фотоэлектрического модуля; а так же солнечный панель.

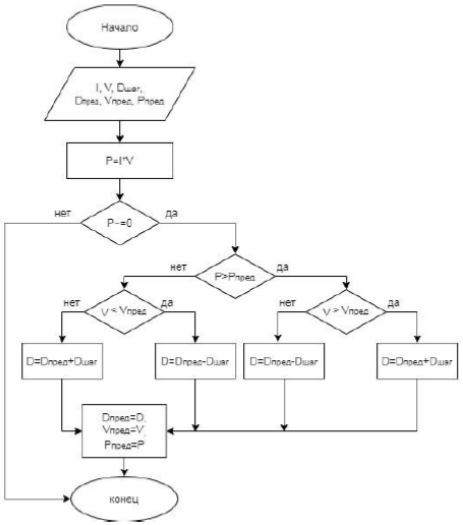


Рисунок 1 – Алгоритм работы возмущения и колебания

Програмный код алгоритма возмущения и колебания

```
function D = fcn(Is, Vs)
persistent Vn Pn Dn
if isempty(Dn)
Vn=12;
Pn=24;
Dn=0.6;
D1=Dn;
End
deltaD=0.0001;
Ps=Is*Vs;
if (Ps-Pn)~=0
if (Ps-Pn)>0
if(Vs-Vn)>0
D1=Dn-deltaD;
else
D1=Dn+deltaD;
end
else
if (Vs-Vn)>0
D1=Dn+deltaD;
else
D1=Dn-deltaD;
end
end
 elseif (Ps-Pn)==0
 D1=Dn;
 End
 D=D1;
 Dn=D;
 Vn=Vs;
 Pn=Ps;
 if D<0.1
 D=0.1;
 elseif D>0.9
 D=0.9
 end
 end
```

Повыщающий-понижающий преобразователь работает на основе ниже показанной формулы:

$$V_{вых} = \frac{D * V_{вх}}{1 - D} \quad (1)$$

где, $V_{вых}$ – выходное напряение преобразователя,

D – коэффициент заполнения,

$V_{вх}$ – входное напряжение преобразователя.

Если коэффициент заполнение будет меньше D<0.5, то преобразователь будет понижающим, то есть входная мощность будет больше чем на выходе, если наоборот, тогда будет повыщающим.

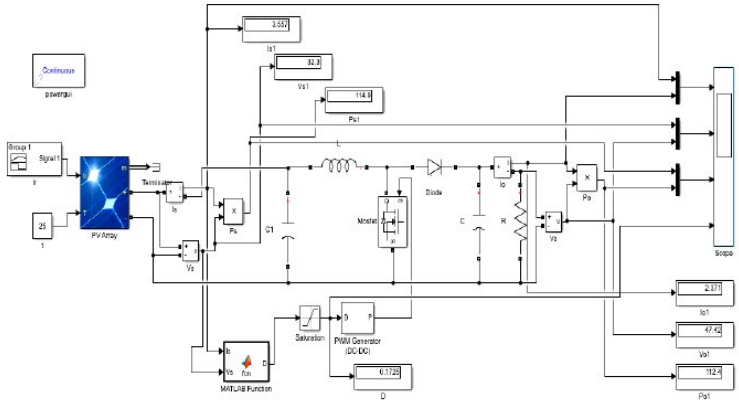


Рисунок 2 – Модель фотоэлектрической установки с контроллером ОТММ

Перед тем как запустить программу, необходимо найти точку максимальной мощности фотоэлектрической панели от графика зависимости мощности от напряжения. На рисунке 3 показано кривая зависимость мощности от напряжения солнечного панеля. Здесь точка максимальной мощности соответствует значению 199 Вт в стандартных условиях тестирования (радиация 1000 Вт/м^2, температура 25 ^{o}C).

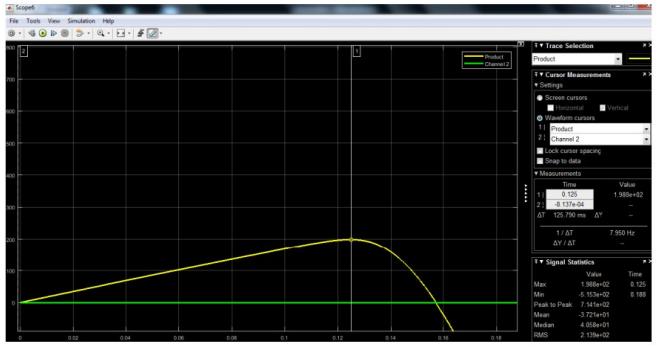


Рисунок 3 – График зависимости мощности от напряжения

На рисунке 4 представлен сравнительные входные и выходные характеристики контроллера отслеживающий точку максимальной мощности (ОТММ). Здесь график разделен на 4 ячейки.

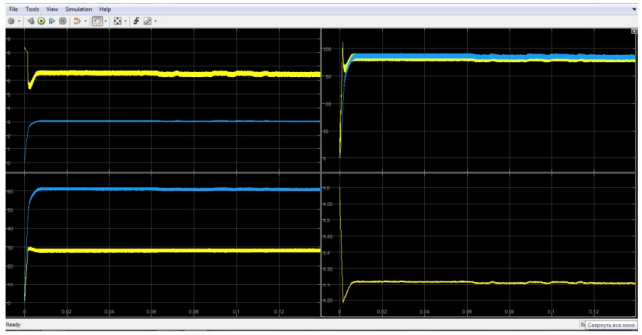


Рисунок 4 – Входные и выходные характеристики системы ОТММ

Коэффициент заполнения показано в нижнем правом углу и соответсвует значению 0,3. То есть в рассматриваемом случае преобразователь постоянного тока будет понижающим. В врехнем левом углу показано входная и выходная характеристика тока солнечной панели. Желтая линия показывает выходную величину тока, ток на входе помечено синей линией. В низу этого графика показано входное и выходное характериситки напряжение. Здесь же наоборот входная величина напряжение больше чем у выхода. Все эти изменения обясняется тем что, в случае понижающего преобразователя выходное напряжение уменьшается, но, чтобы достигнуть эффективной мощности у выхода, устройства увеличивает выходной ток. В качестве доказательства можно увидеть это на верхнем правом углу графика. Здесь входная и выходная мошность практически равны по величине. Но в реальных условиях все же имеется некоторые энергетические потери в электрических схемах. Если приглядется внимательно к графику, то можно увидеть скачки. Это обясняется тем что сам алгоритм называется возмущение и колебанием, то есть когда система находит путем возмущения точку максимальной мощности кривого зависимости мощности от напряжения она будет колебатся вокруг нее чтобы повысить эффективность системы.

Алгоритм оптимизаций потока частиц

Этот тип алгоритма эффективно используется, когда солнечная радиация падает неравномерно по всему периметру фотоэлектрической станции, оно также называется частичном затемнением панеля, из за чего на графике кривого зависимости мощности от напряжение выходят несколько точек максимальной мощности.

Оптимизация потока частиц (ОПЧ) – это глобальный оптимизационный алгоритм для решения задач, в которых точка или поверхность в n-мерном пространстве представляет собой наилучшее решение. В этом алгоритме используется несколько взаимодействующих факторов, и каждый из них

обменивается информацией, полученной в соответствующем процессе поиска. Каждый фактор, именуемый частицей, следует двум очень простым правилам, т. е. следовать за наиболее эффективной частицей и двигаться к лучшим условиям, найденным самой частицей. Таким образом, каждая частица в конечном счете эволюционирует до оптимального или близкого к максимально эффективному решению.

Блок-схема алгоритма ОПЧ проиллюстрирована на рисунке 5. Из блок-схемы принцип работы алгоритма можно описать следующим образом:

Шаг 1. (Инициализация ОПЧ): частицы обычно инициализируются случайным образом после равномерного распределения по пространству поиска или инициализируются на узлах сетки, которые покрывают пространство поиска эквивалентными точками. Начальные скорости берутся случайным образом.

Шаг 2. (Оценка соответсвия): оцените значение соответствия каждой частицы. Оценка соответствия проводится путем предоставления кандидату решения целевой функции.

Шаг 3. (Установка индивидуальных и глобальных наилучших данных): индивидуальные и глобальные наилучшие значения пригодности ($p_{best,i}$ и g_{best}) и позиции устанавливается путем сравнения вновь рассчитанных значений пригодности с предыдущими и заменяется на текущие $p_{best,i}$ и g_{best},а также их соответствующих позиций по мере необходимости.

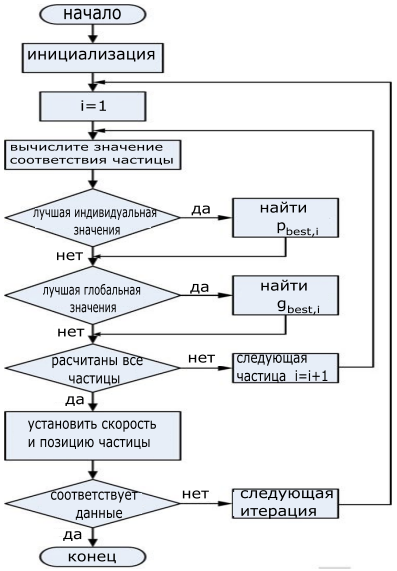


Рисунок 5 – Алгоритм оптимизации потока частиц

Програмный код алгоритма оптимизация потока частиц

```
function DC  = PSO(V,I)
DC=0;D=zeros(1,3);P=zeros(1,3);
iter = 0;
while  (iter<bird_step )
iter=iter+1;
for i=1:3,
P(i)=V*I;
D(i)=current_dutycycl(i);
 DC=D(i);
 pause(0.1)
 end
 current_power=P;
 for i=1:3
 if current_power(i)>local_best_power(i)
 local_best_power(i)=current_power(i) ;
 local_best_dutycycl(:,i)=current_dutycycl(:,i)  ;
 end
 end
 [current_global_best_power,g]=max(local_best_power);
 if current_global_best_power>global_best_power
 global_best_power=current_global_best_power;
 for i=1:3
 globl_best_dutycycl(:,i)=local_best_dutycycl(:,g);
 end
 end
 velocity=w*velocity+c1*(R1.*(local_best_dutycycl-
 current_dutycycl))+c2*(R2.*(globl_best_dutycycl-current_dutycycl));
 current_dutycycl=current_dutycycl+velocity;
 end
 [Peak_power,I]=max(current_power)
 current_dutycycl(:,I)
 DC=current_dutycycl(:,I);
     end
```

Шаг 4. (Обновить скорость и положение каждой частицы): скорость и положение каждой частицы в потоке обновляются по формуле (2) и (3).

Шаг 5. (Определение сходимости): Проверьте критерий сходимости. Если критерий сходимости соблюден, то процесс может быть прекращен; в противном случае число итераций увеличится на 1 и перейдет к шагу 2.

$$\upsilon_i(k+1) = \omega\upsilon_i(k) + c_1 r_1 \cdot (p_{best,i} - x_i(k)) + c_2 r_2 \cdot (g_{best} - x_i(k)) \quad (2)$$

$$x_i(k+1) = x_i(k) + \upsilon_i(k+1) \quad (3)$$

где x_i – положение частицы i;

v_i – скорость частицы i;

k – число итераций;

w – инерционный вес;

r_1 и r_2 – случайные величины, равномерно распределенные в пределах [0,1];

а c_1, c_2 – когнитивный и социальный коэффициенты соответственно.

Далее данный алгоритм так же проверяется с использованием программы Matlab simulink. Модель алгоритма показано на рисунке 6. Здесь только изменяется програмный код пршивания микропроцессора.

Вначале определяется точка макисмальной мощности от графика PV. Здесь мы используетя 4 последовательно соединенных солнечных панелей. Фотоэлектрические модули соединены через щунтирующие диоды, для предотвращения от выгорания панели (рисунок 6). Для проверки работы алгоритма мы задаем 4 различных солнечных радиации с величиной 900 Вт/м^2, 800 Вт/м^2, 700 Вт/м^2, 500 Вт/м^2, которые указывает на частичное затенение солненчных панелей. Температура у всех одинаковая 25 ^{o}C.

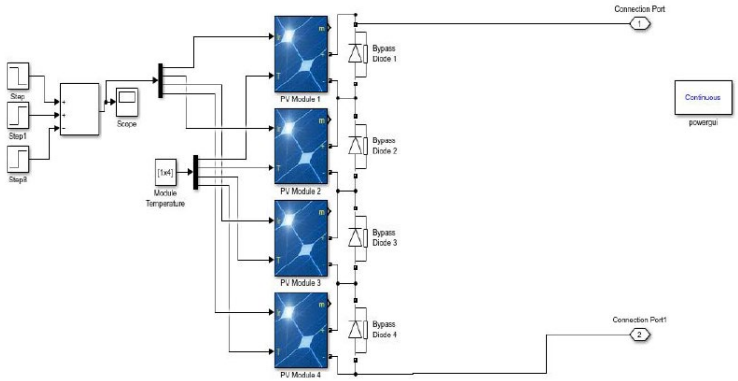


Рисунок 6 – Последовательно подключенные солнечные модули

Как показано на рисунке 7 смоделированы графики зависимости мощности от напряжения. Для этого заданы ко всем панелям различные радиационные величины и получили 4 точки макималной мощности графика зависимости PV. Так как они соединены последовательно, и имеют общий выход, то здесь должен быть только один точка максимальной мощности системы. Задача данного алгоритма является определением глобальной точки максимальной мощности из всех имеющихся.

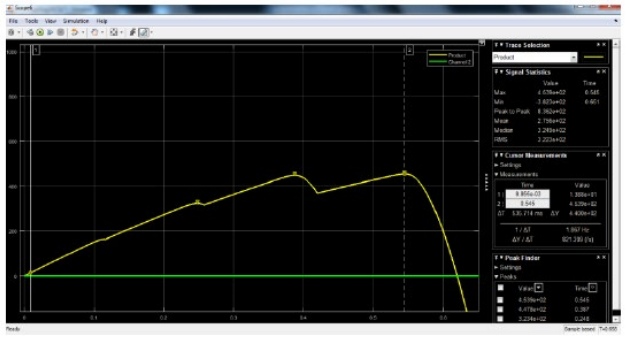


Рисунок 7 – График зависимости мощности от напряжения

На рисунке 8 показан результат моделирование алгоритма оптимизации потока частиц. Как видно из графика алгоритм быстро находит точку максимальной мощности фотоэлектрического панеля. На графике желтая линия показывает входной мощность к преобразователю постоянного тока, а зеленая соответсвует выходной мощности из него. Здесь можно увидеть уменьшение колебании выходной мощности по сравнению с первым алгоритмом, что показывает эффективность алгоритма. Так же данный алгоритм предназначен для объемных фотоэлектрических установок, в которых участвует частичные затенения.

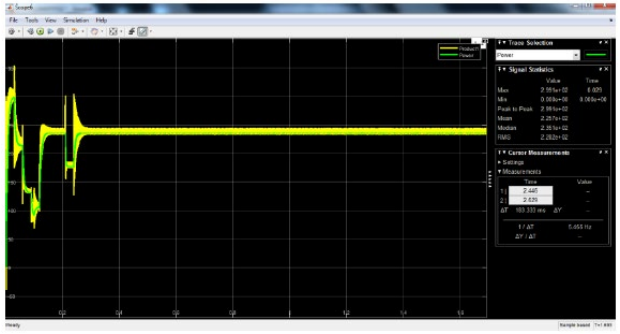


Рисунок 8 – Выходная сравнительная характеристика мощностей

Выводы

Улучшены технические и энергетические характеристики фотоэлектрических станции, путем внедрения систему слежения за Солцнем, а так же интеллектуальных контроллеров заряда батареи на основе метода отслеживание точки максимальной мощности (ОТММ).

Список использованных источников

1 **Bhattacharyy, S.** «Introduction», in Solar Photovoltaic System Applications - A Guidebook for Off-Grid Electrification, P. Mohanty et. al, Eds. Switzerland : Springer, 2016, P. 1–191.

2 **Seme Sebastijan, Štumberger Gorazd, Voršič Jože**. Maximum efficiency trajectories of a two-axis sun tracking system determined considering tracking system consumption. IEEE Trans Power Electron 2011;26.4:1280–90.

3 **Seme Sebastijan, Štumberger Gorazd**. A novel prediction algorithm for solar angles using solar radiation and differential evolution for dual-axis sun tracking purposes. Sol Energy 2011;85.11:2757–70.

4 **Roth, P, Georgiev, A, Boudinov, H**. Design and construction of a system for suntracking. Renew Energy 2004;29.3:393–402.

5 **Rustemli Sabir, et al**. The analysis on sun tracking and cooling systems for photovoltaic panels. Renew Sustain Energy Rev 2013;22:598–603.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

К. Ж. Калиева, Ж. Ж. Калиев, Г. Т. Асқанбай

Максималды қуат нүктесін бақылау контроллерін қолдана отырып, фотоэлектрлік станцияның тиімділігін арттыру

М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

K. Zh. Kaliyeva, Zh. Zh. Kaliyev, G. T. Askanbai

Increase the efficiency of a photovoltaic station using a maximum power point tracking controller

Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpayev, Republic of Kazakhstan, Almaty.

Material received on 11.12.20.

Максималды қуат нүктесін бақылау ең көп қолданылатын алгоритм – бұл бұзылу және тербеліс алгоритмі, оны негізгі түрде жүзеге асырудың қарапайымдылығымен түсіндіріледі. Алайда, оның кейбір кемшіліктері бар, мысалы, тұрақты жұмыс режиміндегі макимальды қуат нүктесінің айналасындағы тербелістер, сондай-ақ күн радиациясының өзгеруіне байланысты баяу жауап беру жылдамдығы.

Бұзылу және тербеліс жұмыс алгоритмі фотоэлектрлік панельдің тогы мен кернеуін өлшеу арқылы фотоэлектрлік қондырғының шығу

қуатын есептеуге негізделген. Трекер мезгілді жұмыс істейді, кернеудің немесе күн батареясының өзгеруін анықтау үшін нақты қуат мәнін алдыңғы мәнмен салыстырады. Нәтижесінде тиімді күн трекері жасалды және тәжірибелік нәтижелер алынды. Бұлтты ауа-райы кезінде күн панелін көлденең бағытта бағыттау алгоритмі ұсынылған. Әзірленген күн трекері күн панелімен салыстырғанда шығыс энергиясының мөлшерін 12 %-ға арттырды. Эксперименттік мәліметтер алынды, бұл алгоритмнің көмегімен, кәдімгі трекерге қарағанда тұрақты күн панелімен салыстырғанда 13 %-ға көп энергия және 27 %-ға көп энергия алуға болатындығын көрсетті.

Жұмыс алгоритмдерімен МҚНБ контроллерлері бар модель: бұзылулар мен тербелістер, бөлшектердің ағынын оңтайландыру, батареялардың тез зарядталуын жақсартатын энергияны үнемдейтін тұрақты ток түрлендіруді көрсетті.

Кілтті сөздер: фотоэлектрлік модуль (панель), максималды қуат нүктесін бақылау контроллері.

The most commonly used algorithm for tracking the maximum power point is the perturbation and oscillation algorithm, which is explained by the simplicity of its implementation in its basic form. However, it also has some disadvantages, such as fluctuations around the maximum power point in steady-state operation, as well as a slow response rate due to changes in solar radiation.

The perturbation and oscillation algorithm is based on calculating the output power of a photovoltaic installation by measuring the current and voltage of the photovoltaic panel. The tracker works periodically, comparing the actual power value with the previous value to determine changes in the voltage or current of the solar battery. As a result, an efficient biaxial solar tracker was developed and experimental results were obtained. An algorithm for horizontal orientation of the solar panel during cloudy weather is proposed. The developed solar tracker increased the amount of output energy by 12 % compared to a fixed solar panel. Experimental data were obtained that showed that using this algorithm, you can get 13 % more energy compared to a stationary solar panel and 27 % more energy than a conventional tracker.

The developed models of MPPT controllers, with algorithms of operation: perturbations and oscillations, optimization of the particle flow, showed energy-efficient DC conversion, which improves the fast charging of batteries.

Keywords: photovoltaic module (panel), maximum power point tracking controller.

ҒТАМР 53.03.09

https://doi.org/10.48081/QCMF8768

Б. С. Келаманов, А. М. Әбдірашит,
Г. М. Карменова, А. Ж. Идельбаев
Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті,
Қазақстан Республикасы, Ақтөбе қ.

МАРГАНЕЦ ПЕН ХРОМ НЕГІЗІНДЕГІ ҚОРЫТПАЛАРДЫ БАЛҚЫТУ ҮРДІСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Мақалада «Terra» бағдарламалық кешенін қолдана отырып, марганец пен хром бар ферроқорытпаларды балқытудың термодинамикалық есептеулерін зерттеу мәселелері қарастырылды. «Terra» бағдарламалық кешенін пайдалана отырып термодинамикалық есептеулерді зерттеу нәтижесінде балқытылатын қорытпалардың құрамын сипаттайтын негізгі конденсацияланған фазалар анықталды. Анықталған фазалардың сипаттамалары және әртүрлі температура интервалдарындағы олардың өзгеру динамикасы зерттелді.

Кілт сөздер: термодинамикалық есептеулер, термодинамикалық модельдеу, диаграмма, тотықсыздану, конденсацияланған фазалар.

Кіріспе

Еркін көп компонентті жүйелердің термодинамикалық тепе-теңдігін есептеу дегеніміз барлық тепе-теңдік параметрлерін, термодинамикалық қасиеттерді, сондай-ақ алынған компоненттердің химиялық және фазалық құрамын анықтау болып табылады. Температура жоғарылап кез-келген күй өзгерістері фазалық, полиморфты және химиялық қайта құрулармен бірге жүрсе, бұл есептеулер қалыпты жағдайлар үшін орындалатын классикалық термодинамиканың тұжырымына қарағанда әлдеқайда күрделі болады. Алайда, іргелі термодинамикалық заңдар кез-келген жүйелер үшін жарамды болып қалатындығына байланысты оларды дұрыс қолдану жалпы жағдайда термодинамикалық тепе-теңдікті есептеу мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Бір тәсіл аясында айтарлықтай ерекшеленетін үрдістер мен күйлерді қарастыру зерттелетін объектілердің модельдік сипаттамасын белгілі формализациялаумен ғана мүмкін болады. Қарастырылатын кез-келген термодинамикалық жүйе ондағы химиялық элементтердің салыстырмалы

және абсолютті құрамымен сипатталады (моль/кг). Шарт бойынша, ол еркін күйден тепе-теңдік орнатқан кезде өзгеріссіз қалады және жүйені материалдық объект ретінде сипаттау үшін жеткілікті.

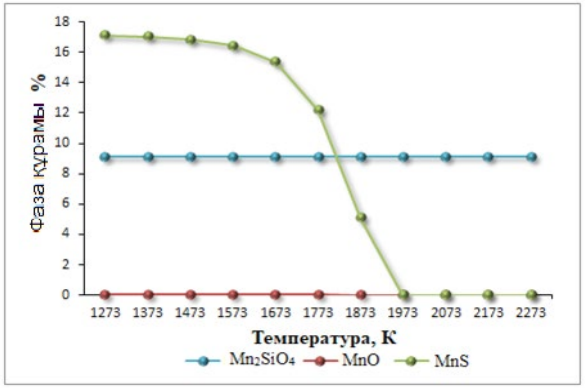
Материалдар мен әдістер

Сипатталған бағдарлама химиялық және фазалық өзгерістері бар еркін жүйелерді есептеуге арналған. Н. Э. Бауман [1–4] атындағы Мәскеу мемлекеттік техникалық университетінде есептеу әдісі мен алгоритмі құрылған бұл бағдарлама тепе-теңдік күйлерін модельдеуге мүмкіндік береді. Бағдарлама жеке заттардың қасиеттерінің ауқымды мәліметтер базасымен ерекшеленеді, бұл оны химиялық құрамы бойынша ерікті композицияларды зерттеуге жарамды етеді. (Астра бағдарламасының) прототипімен салыстырғанда бұл бағдарламалық кешен әлдеқайда ыңғайлы пайдаланушы интерфейсіне ие және модельдеу нәтижелерін өңдеу мен көрсетудің жаңа мүмкіндіктерін ұсынады. Зерттелетін жүйеден тұратын химиялық элементтердің шекті саны елуге; бір есептеу кезінде қарастырылатын конденсацияланған фазалардың саны екі жүз; ал тепе-теңдікте пайда болатын газ фазасының компоненттерінің саны (жеке заттардың саны) сегіз жүзге жуық. Гетерогенді жүйелер үшін есептеулер жүргізу кезінде бір компонентті араласпайтын фазалардың модельдерін де, конденсацияланған ерітінділердің модельдерін де қолдануға болады [5–7].

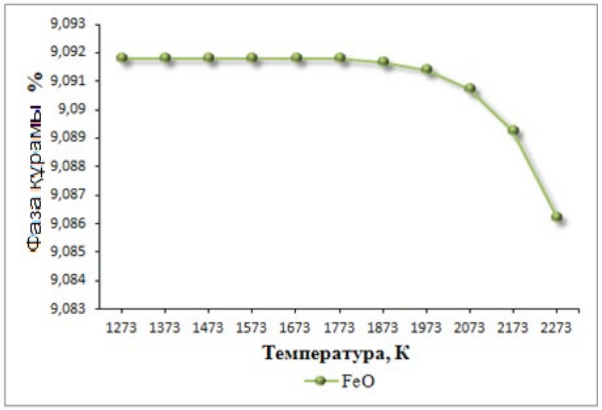
Нәтижелер мен талқылау

Марганец-хром бар қорытпаны балқыту үшін толық термодинамикалық модельдеу (ТТМ) 1273–2273 °С температура аралығында және Р=0,1 МПа қысымда жүргізілді. Қосылыстардың түзілуін және өзгеруін зерттеу үшін біз «Terra» бағдарламалық кешенін қолдана отырып, ферросиликомарганец құрамын анықтау термодинамикасын зерттедік. Деректер негізінде температура 2273 °С-ге дейін жоғарылаған кезде негізгі фазалардың пайда болуы, ауысуы және ыдырау үрдістерінің графиктері тұрғызылды. Әртүрлі конденсацияланған фазалардың құрамының өзгеру графиктері 1-ші және 2-ші суреттерде келтірілген. Есептеулер нәтижесінде «Terra» бағдарламасы шамамен 19 фазалық күйді анықтады, оның ішінде 4 конденсацияланған, 15 конденсацияланбаған. 1-ші суретте көрсетілген марганец бар конденсацияланған фазалар (Mn_2SiO_4, MnO және MnS) фаза құрамының температураға тәуелділігін білдіреді және Mn_2SiO_4 фазасы барлық зерттелетін температура аралығында тұрақты болады. Зерттелетін температуралық аймақта Mn_2SiO_4 фазасы құрамы шамамен 9 %-ы құрады, ал MnS фазасы құрамы пайда болу температурасында (1273 К) 17 % болса, температура артқан сайын өз мөлшерін баяу азайтады (12 %) және зерттеу температураларының соңында (1973 К) тіпті жоғалады. MnO фазасы басқа конденсацияланған фазалармен салыстырғанда зерттелетін температуралар аймағында өте аз мөлшерде болады және температура 1873 К-ге көтерілгенде

мүлдем жойылады. Зерттелетін температуралар аймағындағы мұндай көрсеткіштер MnS фазасының жоғары температуралар кезінде ыдырауы және тефроит фазасының тұрақты металлқұраушы фаза екендігі дәлелденді. 2-ші суретте темір бар конденсацияланған FeO фазасының температураға тәуелділік графигі көрсетілген. Бұл қисықтың максималды мәні 1273 К температурада 9,0917 % және 1973 К температураға дейін аталған фаза құрамы тұрақты күйде болады. Температураны 2273 К-ге дейін жоғарылату фаза мөлшерінің 9,086 %-ға дейінгі төмендеу шегін көрсетеді. Аталған аз мөлшердегі фаза құрамының өзгерісі темір тотығы құрамындағы оттегінің реакцияға түсуімен түсіндіріледі.

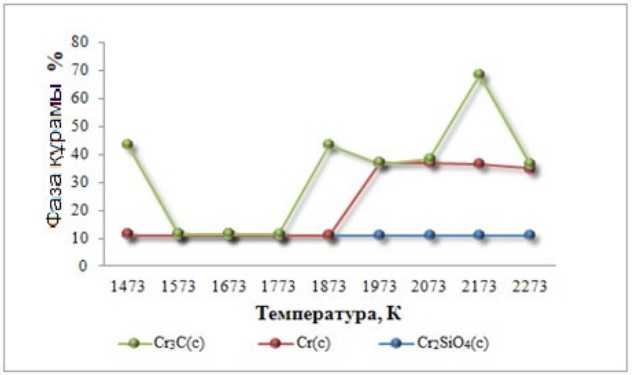


Сурет 1 – Mn_2SiO_4, MnO, MnS конденсацияланған фазалар құрамының температураға тәуелділігі



Сурет 2 – FeO конденсацияланған фаза құрамының температураға тәуелділігі

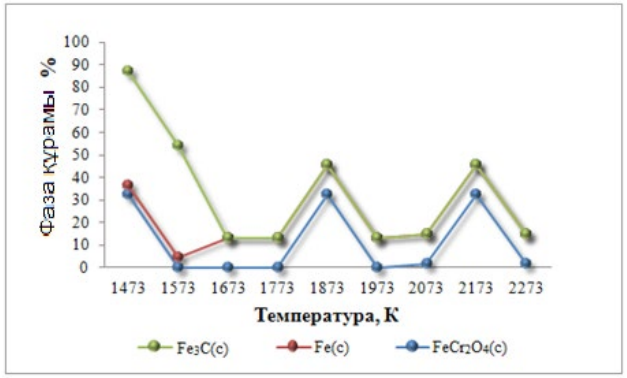
«Тегга» бағдарламасы көмегімен [8–10] құрамында хром бар (феррохром) қорытпаларды есептеу нәтижесінде шамамен 29 фазалық күй алынды, оның ішінде 9 конденсацияланған, 20 конденсацияланбаған фазалар екендігі есептелінді. Әртүрлі конденсацияланған фазалардың құрамының өзгеріс графиктері 3–5-ші суреттерде көрсетілген.



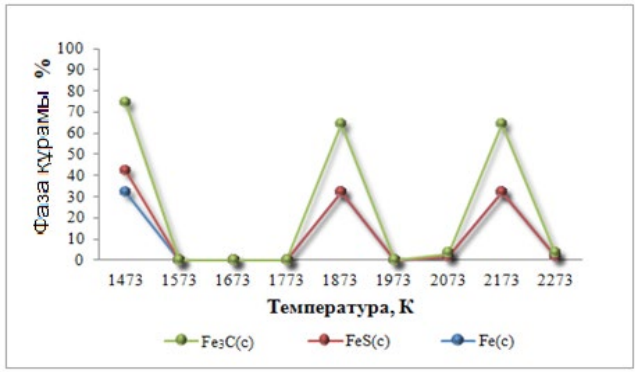
Сурет 3 – Cr_3C, Cr, Cr_2SiO_4 конденсацияланған фазалар құрамының температураға тәуелділігі

3-ші суретте бейнеленген Cr_3C, Cr, Cr_2SiO_4 конденсацияланған фазаларының температураға тәуелділік өзгерістері бірқатар қызықты қисықты графиктермен суреттелген. 1473 К температурада хром карбидінің фазасы құрамы шамамен 45 % құрайды, әрі қарай температураның жоғарылауымен (1573 К) фаза концентрациясы 12 %-ға дейін күрт төмендеп, 1573–1773 К температуралар аралығында конденсацияланған фаза (Cr_3C) 12 % мөлшермен тұрақты күйге ие болады. Температура 1773К-нен жоғарылағанда фаза мөлшері қарқынды өсе бастайды, ал 1873К температурасында шамамен фаза мөлшері 45 %-ға жетеді. 1873–2073 К температура диапазонында зерттелетін фаза құрамының біртіндеп төмендеуі байқалады. Cr_3C фаза құрамы 2073 К температурада 38 %-бен шектеледі және температураның жоғарылауымен өзінің ең жоғары мәніне жетеді (70 %), одан әрі хром карбиді фазасы 40 % құраммен бастапқы күйіне қайта оралады. Құрамында хром бар басқа фазалар (Cr, Cr_2SiO_4) қалыпты әрекетке ие. 1473–1873 К температуралар аралығында аталған екі фаза да 11 % концентрациясы бар тұрақты күйде болады, әрі қарай температураның 1873 К-нен жоғарылауы хром фазасының күрт артуына (40 %) алып келеді және зерттелген температура аймағында өзгермейді. Хром силикатының фазасының құрамына келер болсақ, зерттелетін температуралар аймағында ол 11 % концентрациясымен тұрақты тепе-теңдік күйінде қалады.

Аталған негізгі құбылыстар хром карбидінің жоғары температураларда пайда болатынын және хром тотығы мен хром силикатының фазалары жоғары температураларда тұрақты екенін көруімізге болады.



Сурет 4 – Fe_3C, Fe, $FeCr_2O_4$ конденсацияланған фазалар құрамының температураға тәуелділігі



Сурет 5 – Fe_3C, FeS, Fe конденсацияланған фазалар құрамының температураға тәуелділігі

Fe_3C, Fe, $FeCr_2O_4$ құрамында темір бар конденсацияланған фазалар қызықты секірулер және өтулермен сипатталады (сурет 4). Темір хромитінің конденсацияланған фазасының құрамы 1473 К, 1873 К, 2173 К температураларда шамамен 35 % құрайды. Температураны 1473 К-ге көтеру аталған фазаның күрт төмендеуімен сипатталады және 1573–1773 К температуралық аралықта нөлге жақын құраммен тұрақты сипатқа ие

болады. Температураның жоғарылауы бізге күрт секірулерді анықтайды, максималды нүкте 35 %-дық құрам. 1973 К температура интервалында қисық тез нөлге ауысады, әрі қарай температураның жоғарылауы (2073–2273 К) қисықтың ұқсас көрінісін береді. 1473 К-нен жоғары температурада 38 % концентрациясы бар темір фазасы 5 %-ға дейін төмендейді (1573 К). Бұл фазаның күрт төмендеуі темір карбидінің басқа конденсацияланған фазаларға ыдырауы мен жаңа фазалардың түзілуімен түсіндіріледі. Темір карбидінің конденсацияланған фазасының (цементит) ең жоғары мәні 1473 К температурада 88 %-да болады, әрі қарай температураның 1673 К-ге дейін артуымен құрамы 12 %-ға дейін төмендейді және осы концентрациямен 1673–1773 К температура аралығында тұрақты күйде сақталады. Әрі қарай температураның жоғарылауымен алдыңғы қисықтардағыдай, шамамен 50 % құраммен секіргіш ауысулар байқалады.

5-ші суретте алдыңғы диаграммаға ұқсас сипаттауға болатын темір бар конденсацияланған фазалар анықталды. Бұл диаграмма жарқын, секіргіш сипатқа ие.

1473–1573 К температура шегіндегі темір карбидінің фазасы құрамы 75 %-дан 0 %-ға дейін күрт төмендейді, 1573–1773 К температура аралығында аталған фаза тұрақты күйге ие болады. 1773К-нен жоғары температурада шамамен 70 % максималды құрамға күрт ұмтылады, осы мөлшерге жеткенде қисық нөлге жуықтайды және 1973–2073 К температура аралығында осы күйде тұрақталады. Басқа температура диапазонында (2073–2273 К) ұқсас фазалық ауысуды байқаймыз. Темір сульфидінің фазасы темір карбидінің фазасына ұқсас, бірақ құрамы аз (40 %). 1473 К температурада 32 % болатын темірдің конденсацияланған фазасы мөлшері төмендейді және ыдырайды. Аталған термодинамикалық құбылыстар темір карбиді мен темір сульфидінің жоғары температуралы аймақтарда пайда болатындығы және рекцияға түсіп басқа формаға ауысуы мүмкіндігі анықталды.

Қорытынды

«Terra» бағдарламасын қолдана отырып, жүйелердің фазалық құрамдары анықталды, фазалық ауысулардың пайда болуы және олардың ыдырауы егжей-тегжейлі қарастырылды, сонымен қатар қызықтыратын конденсацияланған фазалардың қалыптасуының температуралық мәндері анықталды. Бұл бағдарлама тепе-теңдік жағдайларын модельдеуге, есептеу әдісі мен алгоритмін жүзеге асыруға, сонымен қатар балқыту кезінде қорытпалардың бастапқы еру және балқу температурасын анықтауға мүмкіндік береді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Казенас, Е. К., Чижиков, Д. М.** Давление и состав пара над окислами хи¬мических элементов. – М., Наука. 1976. – С. 342.

2 **Акбердин, А. А.** Балансовый метод расчета равновесного фазового состава многокомпонентных систем [Текст] //КИМС. – 1995. – № 3. – С. 92–93.

3 **Акбердин, А. А., Сарекенов, К. З., Саитов, Р. И.** Аналитическое описание фазового равновесия в системе CaO-SiO_2-FeO-ZnO [Текст] //Вестник Карагандинского университета. – Караганда. – 2005. – № 1 (37). – С. 14–18.

4 **Банных, О. А., Будберг, П. Б., Алисова, С. П. и др.** Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа. Справочное издание. – М. : Металлургия, 1986. – 440 с.

5 **Белов, Г. В., Трусов, Б. Г.** Термодинамическое моделирование химически реагирующих систем. – Москва. МГТУ им. Н. Э. БАУМАНА. – 5 с.

6 **Белов, Г. В., Трусов, Б. Г.** Термодинамическое моделирование химически реагирующих систем. – Москва. МГТУ им. Н. Э. БАУМАНА. – 35 с.

7 **Симбинов, Р. Д., Малышев, В. П.** Термодинамическое, стехиометрическое и эксергетическое моделирование фазовых равновесий. – Алматы : Гылым, 1999. – 100 с.

8 **Синяров, Г. Б., Ватолин, Н. А., Трусов, Б. Г., Моисеев, Г. К.** Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов. М., 1982. – 260 с.

9 **Синяров, Г. Б., Ватолин, Н. А., Трусов, Б. Г., Моисеев, Г. К.** Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов. М., 1982. – 264 с.

10 **Искалиева, А. Т., Келаманов, Б. С., Ерсайынова, А. А.** Термодинамический расчет состояния фаз при выплавке феррохрома с помощъю программного комплекса «TERRA». [Текст] // Материалы международной научно-практической конференции Байтурсыновские чтение – 2019. – Кустанай, 2019. – С. 382–385.

References

1 **Kazenas, Ye. K., Chizhikov, D. M.** Davleniye i sostav pary nad okislitelyami khimicheskikh elementov. [Kazenas E. K., Chizhikov D. M. Pressure and composition of steam over oxides of chemical elements]. – M., Science. 1976. – P. 342.

2 **Akberdin, A. A.** Balansovyy metod rascheta ravnovesnogo fazovogo sostava mnogokomponentnykh sistem. [Akberdin A. A. Balance method for calculating the equilibrium phase composition of multicomponent systems [Text] // KIMS. – 1995. – No. 3. – P. 92–93.

3 **Akberdin, A. A., Sarekenov, K. Z., Saitov, R. I**. Analiticheskoye opisaniye fazovogo ravnovesiya v sisteme CaO-SiO_2-FeO-ZnO [Akberdin A. A., Sarekenov K. Z., Saitov R. I. Analytical description of phase equilibrium in the system CaO-SiO2-FeO-ZnO [Text] // Bulletin of Karaganda University. – Karaganda. – 2005. – No. 1 (37). – P. 14–18.

4 **Bannykh, O. A., Budberg, P. B., Alisova, S. P.** i dr. Diagrammy sostoyaniya dvoynykh i mnogokomponentnykh sistem na osnove zheleza. [Bannykh O. A., Budberg P. B., Alisova S. P. et al. Diagrams of the state of binary and multicomponent systems based on iron]. Reference edition. – M. : Metallurgy, 1986. – 440 p.

5 **Belov, G. V., Trusov B. G.** Termodinamicheskoye modelirovaniye khimicheski reagiruyushchikh sistem. [G. V. Belov, B. G. Trusov. Thermodynamic modeling of chemically reacting systems]. – Moscow. MSTU them. N. E. BAUMAN. – P. 5.

6 **Belov, G. V., Trusov B. G.** Termodinamicheskoye modelirovaniye khimicheski reagiruyushchikh sistem. [G. V. Belov, B. G. Trusov. Thermodynamic modeling of chemically reacting systems]. – Moscow. MSTU them. N. E. BAUMAN. – P. 35.

7 **Simbinov, R. D., Malyshev, V. P.** Termodinamicheskoye, stekhiometricheskoye i eksergeticheskoye modelirovaniye fazovykh ravnovesiy [Simbinov R. D., Malyshev V. P. Thermodynamic, stoichiometric and exergy modeling of phase equilibria]. – Almaty : Gylym, 1999. – 100 p.

8 **Sinyarov, G. B., Vatolin, N. A., Trusov, B. G., Moiseev, G. K.** Primenenie EVM dlya termodinamicheskikh raschetov metallurgicheskikh protsessov [Sinyarov G. B., Vatolin N. A., Trusov B. G., Moiseev G. K. The use of computers for thermodynamic calculations of metallurgical processes]. M., 1982. – 260 p.

9 **Sinyarov, G. B., Vatolin, N. A., Trusov, B. G., Moiseev, G. K.** Primenenie EVM dlya termodinamicheskikh raschetov metallurgicheskikh protsessov [Sinyarov G. B., Vatolin N. A., Trusov B. G., Moiseev G. K. The use of computers for thermodynamic calculations of metallurgical processes]. M., 1982. – 264 p.

10 **Iskaliyeva, A. T., Kelamanov, B. S., Yersayynova, A. A.** Termodinamicheskiy raschet sostoyaniya faz pri vyplavke ferrokhroma s pomoshch»yu programmnogo kompleksa «TERRA». [Iskalieva A. T., Kelamanov B. S., Ersayynova A. A. Thermodynamic calculation of the state of phases during smelting of ferrochrome using the TERRA software package. [Text] // Materials of the international scientific-practical conference Baytursynov reading – 2019. – Kostanay, 2019. – P. 382–385.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

Б. С. Келаманов, А. М. Абдирашит, Г. М. Карменова, А. Ж. Идельбаев

Термодинамическое моделирование процесса выплавки сплавов на основе марганца и хрома

Актюбинский региональный университет К. Жубанова,
Республика Казахстан, г. Актобе.
Материал поступил в редакцию 11.12.20.

B. S. Kelamanov, A. M. Abdrashit, G. M. Karmenova, A. Zh. Idelbayev

Thermodynamic modeling of the process of smelting alloys based on manganese and chromium

K. Zhubanov Aktobe Regional University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe.
Material received on 11.12.20.

В статье рассмотрены вопросы исследования термодинамических расчетов выплавки марганец и хромсодержащего ферросплава с использованием программного комплекса «Terra». В результате исследований термодинамических расчетов с использованием программного комплекса «Terra» были установлены основные существующие конденсированные фазы, характеризующие составы выплавляемых сплавов. Были исследованы характеристики разных существующих фаз и их динамика изменения при различных температурных интервалах.

Ключевые слова: термодинамические расчеты, термодинамическое моделирование, диаграмма, восстановление, конденсированные фазы.

The article deals with the study of thermodynamic calculations of manganese and chromium-containing ferroalloy smelting using the «Terra» software package. As a result of studies of thermodynamic calculations using the «Terra» software package, the main condensed phases characterizing the compositions of the smelted alloys were established. The characteristics of different existing phases and their dynamics of change at different temperature intervals were studied.

Keywords: thermodynamic calculations, thermodynamic modeling, diagram, recovery, condensed phases.

ГРНТИ 49.37.31

https://doi.org/10.48081/QTJN8109

Н. Б. Калиаскаров[1], В. П. Ивель[2], Ю. В. Герасимова[3], П. А. Петров[4], В. В. Югай[5]

[1,2,3,4]Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Республика Казахстан, г. Петропавловск;
[5]Карагандинский технический университет, Республика Казахстан, г. Караганда

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ WI-FI ДЛЯ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ

В статье предлагается методика сбора данных с датчиков температуры и влажности по технологии Wi-Fi в распределенной системе мониторинга удаленных объектов. Измерение данных параметров необходимо для решения ряда вопросов по сбору и передачи аналоговых сигналов при проведении удаленного мониторинга различных технических объектов. Одним из выходов для решения проблем удаленного мониторинга является разработка распределенной системы, передающие результаты измерения по технологии Wi-Fi.

Запрограммирована модульная плата специальным скетчом, указаны параметры системы связи и рассмотрены параметры энергосбережения Wi-Fi системы. Произведены настройки беспроводной сети в программных средах и приемо-передающих устройствах. Предложенные методы по рабочему алгоритму позволят обеспечить качественную и многосуточную беспроводную передачу измеряемых данных, отличающуюся низким энергопотреблением, защищенностью канала связи и высокой достоверностью передаваемых результатов. В рамках работы учтены все технические параметры подключаемых устройств, написан программный код для прошивки платы, созданы личные каналы на сервере для приема данных измерения и последующей обработки. Полученные результаты датчиков распределенной системы доступны для последующей обработки в программной среде Matlab, результаты которых продемонстрированы в статье.

Ключевые слова: беспроводная передача данных, удаленный мониторинг, температура, влажность, сервер.

Введение

Передача данных на расстояния позволяет проводить удаленный мониторинг, в результате которого можно обрабатывать полученные результаты и сохранять их с целью определения и прогнозирования возможных изменений технических состояний объектов в будущем. Учитывая тот факт, что многие измерительные приборы и системы рассчитаны на «прямое», то есть проводное подключение к приемному устройству, данный метод мониторинга усложняет задачу для удаленных объектов, таких как строительные здания, конструкций или мосты. Но в том случае, если объект находится неудаленно, то проводное соединение предполагает нахождение измерительных датчиков и приемных устройств в одном месте, то есть в одной локальной сети, что усложняет процесс построения сети, так как количество кабелей и коммутаторов увеличиваются в несколько раз и занимает определенную площадь в офисе, лабораторий или аппаратной. Выходом из данной ситуации является разработка беспроводной системы, которая будет выполнять все функций описанные выше, но с меньшими затратами на кабели и сопутствующего оборудования.

Цель исследования

Целью исследования является измерение данных температуры и влажности при помощи беспроводной сиетмы мониторинга на удаленных объектах. Данная система включает в себя недорогие модули, датчики и устройства, которые программируются на доступном для пользователя языке программирования, но в то же время не снижают надежность и достоверность передаваемых данных по беспроводной линии связи. Так же данная система обладает низким энергопотреблением, благодаря дополнительным настройкам Wi-Fi модуля.

Материалы и методы исследования

Первыми параметрами, которые были измерены и переданы по беспроводной системе, являются температура и влажность исследуемых объектов. Данная беспроводная система занимает мало площади, защищена от несанкционированного доступа, так как в процессе отладки сети происходит несколько этапов авторизаций, позволяет получить исследуемые данные температуры и влажности удаленно и правильно обрабатывать их на приемной стороне, которая может находится далеко от самих датчиков, все результаты исследования расположены на сервере, доступ к которому имеют только те люди, которые привлечены в процесс данного исследования. В сервере можно создать 4 канала, в каждом канале можно получать и обрабатывать по 8 данным, что позволяет исследовательской группе одновременно получать данные по 32 параметрам. На рисунке 1 показаны созданные, в рамках распределенной беспроводной системы, каналы для измерения следующих параметров: температуры, влажности, параметров гироскопа, акселлерометра и магнитометра по трем осям (X,Y,Z) и расстояния до объекта/препятствий. Настоящая статья

посвящена первому каналу, предназначеного для получения данных температуры и влажности. Данные параметры исследуются и заранее учитываются абсолютно везде, например при определений погоды, при проектирований сетей, в животном хозяйстве, в агрохозяйстве, в производстве металла, в инкубаторских помещениях, при проектировании зданий и в множество других сфер.

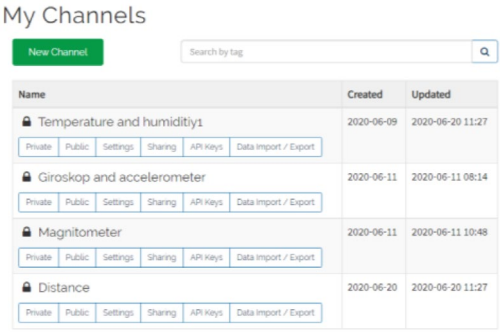


Рисунок 1 – Предварительные каналы распределенной беспроводной системе мониторинга

При проектировании зданий и их ограждающих конструкций принимают расчетные значения температуры и влажности внутреннего воздуха, в зависимости от назначения помещений, располагаемых в зданиях. Фактические значения температуры и влажности внутреннего воздуха в эксплуатируемых зданиях отклоняются от расчетных, не одинаковы в различных зонах помещения и, кроме того, изменяются в пределах годичного, а иногда суточного или даже меньшего периода, в зависимости от наружных условий и особенностей функциональных и технологических процессов, происходящих в помещениях.

В помещениях с естественными изменениями температуры и влажности, преимущественно в годичном цикле, градиенты этих физических параметров в течение суток или других коротких интервалов времени невелики, а условия эксплуатации ограждающих конструкций отличаются неизменными физическими условиями и потому благоприятны в отношении их сохранности. Наоборот, в помещениях с резкими колебаниями температуры и влажности в течение суток или более коротких периодов можно ожидать возникновения физических процессов, вызывающих постепенное разрушение отделочных слоев и даже ограждающих конструкций в целом (конденсация, температурные деформации, набухание, усушка и т. п.) [1].

Если не наблюдать за изменением влажности воздуха, могут произойти следующие неблагоприятные последствия:

1 При высокой влажности воздуха ухудшается качество сопротивления электроизоляционных материалов, в том числе, самого воздуха как электроизолятора. Это приводит к неконтролируемым отказам, которые могут перейти в большие аварии и катастрофы, прежде всего из-за коротких замыканий.

2 При относительной влажности выше 70 % создаются благоприятные условия для быстрого роста плесени, споры которой присутствуют везде. При меньших значениях влажности рост плесени полностью прекращается.

3 Металлы, практически не обладающие гигроскопичностью, на воздухе подвержены коррозии, интенсивность которой зависит также и от влажности воздуха. Низкая влажность гарантирует низкую интенсивность коррозии.

4 Еще одно проявление высокой влажности воздуха наблюдается при охлаждении насыщенного влагой воздуха (100 % RH). Воздух тогда становится пересыщенным влагой, и она начинает выделяться из него в виде тумана или росы. За счет образуемой разности парциальных давлений атмосферной влаги и насыщенного пара происходит конденсация пара на поверхностях, температура которых ниже точки росы воздуха, что приводит к их намоканию или образованию инея. Тогда вышеперечисленные последствия наступают значительно раньше и проявляются более интенсивно [2].

Следовательно, измерение данных параметров (температуры и влажности) позволит предварительно правильно следить за их изменениями с целью своевременного предотвращения от нежелательных результатов. В связи с этим, описанная в статье распределенная беспроводная система позволяет проводить анализ полученных данных по результатам мониторинга.

При разработке данной системы, для измерения температуры и влажности исследуемых объектов, была проведена следующая работа:

Подключение датчика к Wi-Fi модулю: используемый в распределенной беспроводной системе датчик состоит из 3 выводов, которые подключаются к Wi-Fi модулю Node MCU: порт питания на 3,3 В (VCC), порт заземления (GND) и порт для подключения цифрового выхода для передачи данных. Датчик DHT11 выбран исходя из его следующих технических характеристик, описанных в [3].

Данный датчик DHT11 позволит измерить и получить данные в нужном нам диапазоне, если необходимо использовать его внутри помещения или для тестирования Wi-Fi сети, которая будет строиться для созданной распределенной системы. Но необходимо учитывать, что удаленные объекты могут располагаться и на улице, поэтому в этом случае необходимо заменить данный датчик на более новую версию, то есть на модель DHT22, у которого некоторые параметры намного лучше и точнее, например у него точность измерения в диапазоне 2–5 % (в DHT11 точность равна 5 %), влажность измеряется до 100 % (в DHT11 влажность измеряется до 80 %), а температура принимает значения от –40 °С до +80 °С (для сравнения

в DHT11 температура мерится от 0 °С до 50 °С). Поэтому в данной беспроводной системе поочередно используются оба датчика в зависимости от исследуемого объекта. Оба датчика можно подключить к Wi-Fi модулю, который обеспечивает беспроводное соединение и позволит проводить удаленный мониторинг с правильной и точной обработкой получаемых данных. Характеристики данного Wi-Fi модуля NodeMCU V3 описаны в [4].

Все характеристики устройств, входящих в часть распределенной беспроводной системы мониторинга измеряющей температуру и влажность, позволит провести полноценный и качественный сбор данных, а так же благодаря данным устройствам решаются вопросы передачи данных без потерь и перехвата по беспроводной связи по технологии Wi-Fi. Следовательно, при разработке вышеуказанной системы сбора и передачи данных, в начале работы был подключен датчик температуры и влажности к Wi-Fi модулю (рисунок 3), учтено рабочее напряжение, а для загрузки скетча в плату использовался USB кабель, заключительной процедурой является проверка «прямого» соединения с выводом данных на монитор порта в программной среде Arduino Ide.

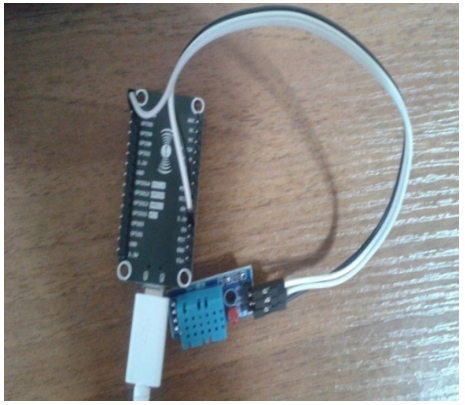


Рисунок 3 – Подключение датчика температуры и влажности к Wi-Fi модулю в разрабатываемой беспроводной системе мониторинга

Настройка канала для приема данных на сервере: за основу сервера, был взят сайт [5], в котором принимаются обрабатываются данные полученные с датчиков, переданных по технологии Wi-Fi с помощью Wi-Fi модуля Node Mcu. На данный сайт регистрация проходит по учетной записи MathWorks, компании программы MatLab. Для создания канала необходимо указать его название и поставить количество окон с графиками (на сайте называется как field), для получения данных с датчиков или других дополнительных данных.

Результаты и обсуждение исследования

В созданном канале появляются окна с графиками по указанному количеству и можно добавить дополнительные виды отображения параметров (на сайте называются как widgets), таких виджетов доступно 3 вида. Каждый виджет настраивается отдельно, с указанием необходимых параметров измерения, отображения данных и привязки к графикам, созданных при настройки канала в личном кабинете.

Написание скетча в программной среде Arduino Ide: после соединения датчика с модулем и создания канала в личном кабинете, была проведена проверка исходного рабочего кода данного датчика, в целях проверки его работоспособности, после того как отладка прошла успешно и датчик провел измерения правильно и все показания получены верно, был написан собственный скетч, для выполнения следующих процессов (рисунки 5 и 6): привязка сервера в котором будут приниматься и обрабатываться полученные данные; установка шифра созданного личного канала на сервере, в котором будут отображаться полученные данные; настройка Wi-Fi сети используемого роутера для отправки данных на сервер (с указанием имени сети и пароля, с целью установки дополнительного шага аутентификации); настройка сообщений при наличии/отсутствий связи в Wi-Fi сети; считывание данных с датчика по отдельности; привязка созданных виджетов на сервере с полученными данными, например в нашей работе первый виджет на сервере принимает данные температуры, а второй виджет принимает данные влажности; дополнительное считывание полученных данных на мониторе порта программной среды Arduino Ide (при подключений компьютера/ноутбука) и инициализация отправки измеренных данных на сервер; настройка времени проведения каждого измерения для отправки результатов на сервер [6–8].

```
        Serial.println("Connecting to ");
        Serial.println(ssid);


        WiFi.begin(ssid, pass);

       while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
       {
             delay(500);
             Serial.print(".");
       }
       Serial.println("");
       Serial.println("WiFi connected");

}

void loop()
{

       float h = dht.readHumidity();
       float t = dht.readTemperature();
```

Рисунок 5 – Часть скетча для настройки сообщений о наличии/отсутствий связи в Wi-Fi сети

```
                        client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
                        client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
                        client.print("Connection: close\n");
                        client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
                        client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
                        client.print("Content-Length: ");
                        client.print(postStr.length());
                        client.print("\n\n");
                        client.print(postStr);

                        Serial.print("Temperature: ");
                        Serial.print(t);
                        Serial.print(" degrees Celcius, Humidity: ");
                        Serial.print(h);
                        Serial.println("%. Send to Server.");
                    }
            client.stop();

            Serial.println("Waiting...");

  delay(15000);
}
```

Рисунок 6 – Часть скетча для настройки виджетов сервера для получения результатов измерения

Прием данных по технологии Wi-Fi и эскпорт их в удобном формате, с целью дальнейшей обработки полученных результатов температуры и влажности: при правильном подключении датчика к Wi-Fi модулю, при правильно написанном скетче программы, при верной настройке канала приема данных на сервере все измеренные данные будут посылаться в соответствующие окна графиков и виджетов, весь процесс измерения датируется актуальной датой, временем и принимает необходимые значения в том промежутке времени, которые мы прописали в скетче. В настоящей работе, описанной в статье, данное время установлено в размере 15 секунд, для правильной опробации и отладки созданной системы. Данное время можно изменять в зависимости от потребностей пользователя, тогда сервер будет обновлять полученные данные в соответствующем промежутке времени. Полученные результаты отображены в виде графиков и индикаторов на рисунках 7 и 8.

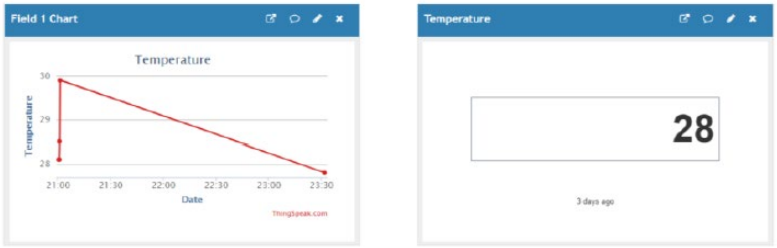


Рисунок 7 – Полученные данные температуры на сервере и отображение результатов в виде графика и цифрового индикатора

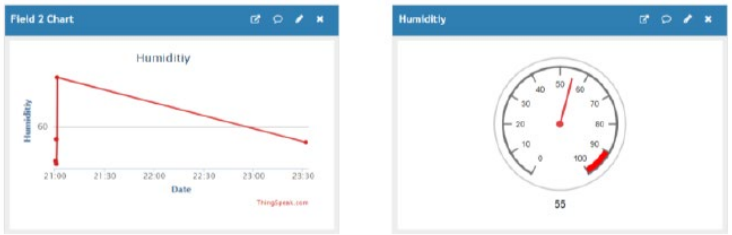


Рисунок 8 – Полученные данные влажности на сервере и отображение результатов в виде графика и измерительного прибора «Gauge»

Получение (сбор) данных является основной частью разрабатываемой беспроводной системы мониторинга, но стоит так же отметить важность дальнейшей обработки полученных данных (9 рисунок). Сервер, используемый в данной работе, позволяет экспортировать данные в 3 форматах (форматы jcon, xml страницы и файла excel), для удобства дальнейшей обработки результатов, для проведения полноценного исследования и анализа, с целью выявления динамики изменения данных и своевременного обнаружения неисправности для проведения корректирующих мер [9–10].

Рисунок 9 – Кнопки для обработки данных с помощью Matlab

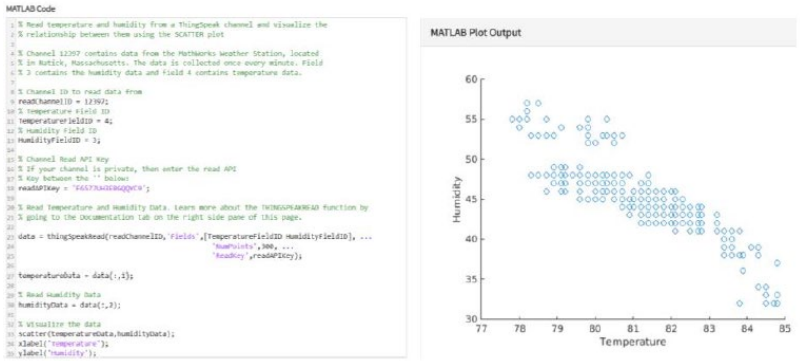


Рисунок 10 – Обработка данных и построение зависимости параметров температуры и влажности в программной среде MatLab на сервере

Построение зависимости результатов температуры и влажности при помощи моделирования в программной среде MatLab: после экспортирования результатов измерения можно приступать к обработке полученных значений и проведению моделирования по полученным результатам, как указано на рисунке 10.

Выводы

Предлагается методика сбора данных с датчиков температуры и влажности и их отправки на сервер по технологии Wi-Fi в распределенной системе мониторинга удаленных объектов.

Описаны и учтены технические параметры подключаемых устройств, написан специальный уникальный программный код для прошивки платы, созданы личные каналы на сервере для приема данных измерения и последующей обработки с учетом всех требований безопасности сети, тем самым полученные данные не будут перехвачены злоумышленниками.

С целью экспериментального подтверждения исследований, была рассчитана, спроектирована и собрана макетная часть устройства, предназначенная для сбора и передачи данных температуры и влажности.

Полученные по беспроводной технологии данные температуры и влажности на сервере позволяют провести полное исследование, так как все данные доступны пользователю для проведения полной обработки данных.

Проведена обработка полученных данных, вычислена средняя влажность за время измерений и построена зависимость параметров температуры и влажности в программной среде MatLab на сайте сервера.

Список использованных источников

1 [Электронный ресурс]. – http://www.arhplan.ru/buildings/design/kolebaniya-temperatury-i-vlazhnosti-v-pomescheniyah.

2 **Вишневский, Е. П., Чепурин, Г. В.** Необходимость осушения воздуха и оценка профицита влаги // Журнал С.О.К. – Медиа технолоджи, 2010. № 3. – 78 с.

3 [Электронный ресурс]. – https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf.

4 [Электронный ресурс]. – https://arduinomaster.ru/platy-arduino/esp8266-nodemcu-v3-lua.

5 [Электронный ресурс]. – https://thingspeak.com.

6 **Ocak, M. A.** Where does Arduino's power come from?: An extended literature review. // Journal of Learning and Teaching in Digital. 2018, N103. – P. 21–34.

7 **Калиаскаров, Н. Б., Ивель В. П, Петров, П. А., Югай В. В.** Измерение температуры и влажности на основе двухпроцессорной Wi-Fi

системы // Вестник АУЭС. – Алматы : АУЭС, 2020. № 4. – С. 60–69.

8 **Faugel, H., Bobkov, V.** Open source hard- and software: Using Arduino boards to keep old hardware running // Fusion Engineering and Design. 2013. – N 88. – P. 1276–1279.

9 **Калиаскаров, Н. Б., Ивель, В. П., Югай, В. В., Герасимова, Ю. В., Молдахметов С.С.** Development of a distributed wireless Wi-Fi system for monitoring the technical condition of remote objects // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020, N 9 (107). – P. 36–48.

10 **Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., Vinel, A.** Internet of Things // International Journal of Communication Systems. 2012, N 25 (9). – P. 1101–1102.

References

1 [Electronic resource]. – http://www.arhplan.ru/buildings/design/kolebaniya-temperatury-i-vlazhnosti-v-pomescheniyah.

2 **Vishnevskiy, E. P., Chepurin, G. V.** Neobkhodimost' osusheniya vozdukha i otsenka profitsita vlagi [The need for dehumidification and assessment of moisture surplus] // Zhurnal S. O. K. – Media technology, 2010. № 3. – 78 p.

3 [Electronic resource]. – https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf.

4 [Electronic resource]. – https://arduinomaster.ru/platy-arduino/esp8266-nodemcu-v3-lua.

5 [Electronic resource]. – https://thingspeak.com.

6 **Ocak, M. A.** Where does Arduino's power come from?: An extended literature review. // Journal of Learning and Teaching in Digital. 2018, N103. – P. 21–34.

7 **Kaliaskarov, N. B., Ivel' V. P, Petrov, P. A., Yugay V. V.** Izmerenie temperatury i vlazhnosti na osnove dvukhprotsessornoy Wi-Fi sistemy [Temperature and humidity measurement based on a dual-processor Wi-Fi system] // Vestnik AUES. – Almaty: AUES, 2020. № 4. – P. 60–69.

8 **Faugel, H., Bobkov, V.** Open source hard- and software: Using Arduino boards to keep old hardware running // Fusion Engineering and Design. 2013 N88. – P. 1276–1279.

9 **Kaliaskarov, N. B., Ivel, V. P., Yugay, V.,V., Gerasimova, Yu. V., Moldakhmetov, S. S.** Development of a distributed wireless Wi-Fi system for monitoring the technical condition of remote objects // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020, N9 (107). – P. 36–48.

10 **Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., Vinel, A.** Internet of Things // International Journal of Communication Systems. 2012, N25 (9). – P. 1101–1102.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Н. Б. Калиаскаров[1], В. П. Ивель[2], Ю. В. Герасимова[3], П. А. Петров[4], В. В. Югай[2]

Wi-Fi технологиясын қолданып температура мен ылғалдылық мәндерін өлшеу және жіберу

[1,2,3,4]М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан Университеті,
Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.
[5]Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

N. B. Kaliaskarov[1], V. P. Ivel[2], Yu. V. Gerasimova[3], P. A. Petrov[4], V. V. Yugay[5]

Use of Wi-Fi technology for collection and transfer of temperature and humidity data

[1,2,3,4]M. Kozybayev North Kazakhstan University,
Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk;
[5]Karaganda Technical University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda.

Material received on 11.12.20.

Мақалада температура мен ылғалдылық датчиктерінен деректерді жинау және оларды Wi-Fi технологиясы бойынша серверге жіберу әдістемесі ұсынылады, бұл әдіс қашықтықтағы объектілерге мониторинг жүргізуге арналған сымсыз жүйесінде әзірленген. Модульдік плата арнайы скетчпен бағдарламаланған, бұл скетчтің көмегімен байланыс жүйесінің параметрлері көрсетілген және Wi-Fi жүйесінің энергия үнемдеу параметрлері қарастырылған. Сымсыз желі параметрлері бағдарламалық ортада және қабылдау-жіберу құрылғыларында жасалады. Жұмыс алгоритмі бойынша ұсынылған әдістер энергия тұтынудың төмендігімен, байланыс арнасының қорғалуымен және берілетін нәтижелердің жоғары сенімділігімен ерекшеленетін өлшенетін деректердің сапалы және тәулік бойы сымсыз берілуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Жұмыс барысында қосылатын құрылғылардың барлық техникалық параметрлері ескерілді, платаны кодтауға арналған бағдарламалық код жазылған, өлшеу деректерін қабылдау және кейіннен өңдеу үшін серверде жеке жаңа арналар құрастырылған.

Құрастырылған жүйенің датчиктерінің алынған нәтижелері мақалада көрсетілген Matlab бағдарламалық ортасында өңдеу үшін қол жетімді.

Кілтті сөздер: мәліметтерді сымсыз жіберу, қашықтықтан мониторинг, температура, ылғалдылық, сервер.

The article proposes a method for collecting data from temperature and humidity sensors and sending them to the server using Wi-Fi technology in a developed distributed monitoring system for remote objects. The modular board is programmed with a special sketch, the parameters of the communication system are specified and the energy saving parameters of the Wi-Fi system are considered. Wireless network settings were made in software environments and receiving and transmitting devices. The proposed methods according to the working algorithm will provide high-quality and multi-day wireless transmission of measured data, characterized by low power consumption, secure communication channel and high reliability of the transmitted results. All the technical parameters of the connected devices are taken into account, the program code for the microcontroller firmware is written, and personal channels are created on the server for receiving measurement data and subsequent processing.

The obtained results of distributed system sensors are available for further processing in the Matlab software environment, the results of which are indicated in the article.

Keywords: wireless data transmission, remote monitoring, temperature, humidity, server.

ҒТАМР 519.246.8

https://doi.org/10.48081/NYRT5122

***Ш. А. Мирзакулова*[1], *А. Жаналинова*[2], *Т. Г. Серіков*[3], *А. Е. Анарбаев*[4]**

[1,2]«Тұран» университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;
[3] С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[4]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

УАҚЫТША ҚАТАРДЫҢ ЫҒЫСУЫН СТАТИСТИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Жұмыс барысында бес сағат бойы мультисервистік желінің қалалық магистралінде өлшенген UDP ХАТТАМАСЫ пакеттерінің қарқындылығы болып табылатын стационарлы емес уақытша қатар қарастырылады.Зерттелетін уақытша қатарға зерттеу әдістері – ADF-test, маусымдық айырымдық оператор және сингулярлы спектралдық талдау қолданылды. Matlab және AtteStat қолданбалы бағдарламалары пайдаланылды.

Өткізу ақпаратының көбею көлемі деректерді берудің негізгі желісі үшін оны өңдеу кезінде белгілі бір күрделілік береді. Екінші жағынан қазіргі қоғам өңделген ақпаратты берудің жоғары жылдамдығын талап етеді.

Жұмыс істейтін мультисервистік желінің ресурстары нарықтың өзгеруіне бейімделеді және базаларды жаңа қосымшалармен уақтылы жаңартуды жүзеге асыра отырып, пайдаланушыларға қажетті ақпаратты жеткізеді.

Демек, трафик көлемінің артуы ғана емес, оның құрылымының өзгеруі де орын алады, сондықтан желілік трафикті талдау бұрынғысынша өзекті міндет болып қала береді. Өлшенген қатарлар негізінен стационарлық емес болып табылады. Мұндай қатарларды болжау, сондай-ақ күрделі құрылымы бар барлық ұлғайып келе жатқан деректер трафигін өңдейтін желілік құрылғылар үшін де өзекті болып табылады. Трафикті болжау артық жүктемені болдырмау үшін желідегі ақпараттық ағындарды басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: уақытша қатар, ADF-test, SSA, саралау, UDP хаттамасы, NGN, мультисервистік желі, трафик, Дики-Фуллер тесті, сингулярлық спектр.

Кіріспе

Алматы қаласының мультисервистік желісі 2007 жылдан бастап жұмыс істейді, бұл жаңа буын NGN (Next Generation Network) желісі, ол пакеттік коммутациясы бар IP (Internet Protocol) протоколына негізделген. IP-телефония, IPTV,IP VPN және т.б. пакеттік IP-магистральдары өңделеді. Алматы қаласындағы Халыққа қызмет көрсету орталықтарында Денсаулық сақтау саласында когнитивті қызметтер іске қосылды [1, 2]. Бұл ретте жасанды интеллект деректерді – жаңадан түскен, алдыңғы деректерді жинауды жүзеге асырады және машиналық оқытуды пайдалана отырып дамиды және жауап ретінде пайдаланушыларға әртүрлі ақпаратты ұсынады. Бұл ретте бұрын терминалдардағы тиісті түймелерді ауыстырып қосу талап етілді. Нәтижесінде желіні пайдаланушылардың әр түрлі қызметінен ақпараттық ағындарға байланысты деректер көлемінің өсуі байқалады.

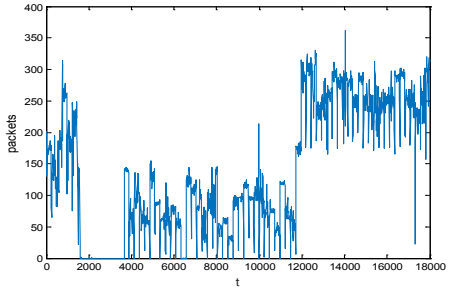
Өткізу ақпаратының көбею көлемі деректерді берудің негізгі желісі үшін оны өңдеу кезінде белгілі бір күрделілік береді. Екінші жағынан қазіргі қоғам өңделген ақпаратты берудің жоғары жылдамдығын талап етеді.

Жұмыс істейтін мультисервистік желінің ресурстары нарықтың өзгеруіне бейімделеді және базаларды жаңа қосымшалармен уақтылы жаңартуды жүзеге асыра отырып, пайдаланушыларға қажетті ақпаратты жеткізеді.

Демек, трафик көлемінің артуы ғана емес, оның құрылымының өзгеруі де орын алады, сондықтан желілік трафикті талдау бұрынғысынша өзекті міндет болып қала береді. Өлшенген қатарлар негізінен стационарлық емес болып табылады. Мұндай қатарларды болжау, сондай-ақ күрделі құрылымы бар барлық ұлғайып келе жатқан деректер трафигін өңдейтін желілік құрылғылар үшін де өзекті болып табылады. Трафикті болжау артық жүктемені болдырмау үшін желідегі ақпараттық ағындарды басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Нәтижелер және талқылау

Уақыт қатары әр 10 секунд сайын бақыланған пакеттер саны сандық бақылаулар жиынтығы болып табылады (сурет 1).



Сурет 1 – UDP пакетінің келу жылдамдығы

Тұрақты қатар ретінде [4] xt уақытша қатарын білдіреді:

$$E(X_t) \equiv \mu, D(X_t) \equiv \sigma^2, Cov(X_t, X_{t+\tau}) = \gamma(\tau) \quad (1)$$

Бұл үш жағдайды орындау кезінде кең мағынада стационарлық (әлсіз стационарлық, екінші ретті стационарлық немесе ковариациялық стационарлық) болып бөлінеді. Стационарлық процестің ең қарапайым мысалы ақ шу – $\varepsilon_1, \varepsilon_2, ...\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_t, ...$ Қатар ε_t – ақ шу,егер ол:

$$E(\varepsilon_t) = 0,\ Var(\varepsilon_1) = \sigma^2,\ Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = 0 \quad (2)$$

Кең мағынадағы стационар емес, тіркелген жылжу кезінде корреляциялық функция немесе қатардың алғашқы моменті немесе екеуі де бірге алдын ала өзгереді. Тар мағынада стационарлы емес тарату функциясының уақыт өзгергіштігін білдіреді [5].

Стационарлық емес кездейсоқ процесс (кездейсоқ кезу процесі) келесі түрде беріледі:

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

Жұмыста [6] зерттелетін үлестірудің нормалдылығының статистикалық бағасы орындалды және онда бастапқы және теориялық бөлінулер арасындағы алынған алшақтық сипатталған.

Мұны растау үшін біз 1988 жылы әзірленген және UnitRoot сынақтарына қатысты болатын Дики-Фуллер тестін (ADF-test) қолданамыз. ADF сынағы кездейсоқ серуендеуге және кездейсоқ жүрудің бірлік түбірі бар екендігіне

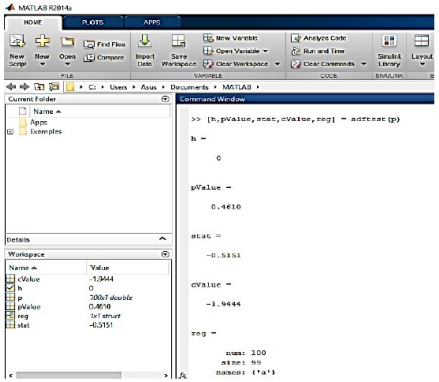
негізделген. Яғни, егер қарастырылатын айнымалы кездейсоқ жүрісте болса, онда ол стационарлық емес.

«Жалғыз түбір» ұғымы уақытша қатарларды талдау кезінде қолданылады, ол осы қатардың стационарлығының қасиетін сипаттайды.

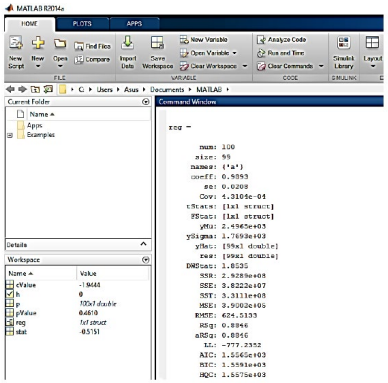
Нольдік гипотеза (H0) ретінде бірлі – жарым тамырдың болуы қарастырылады, яғни қатардың стационарсыздығы, альтернативті (H1) – қатар стационарлық болып табылады. Бұл ретте H0 нөлдік гипотезасы DS типті қатарға сәйкес келеді, ал альтернативті – TS типті қатарға сәйкес келеді.

2 және 3-суретте бастапқы қатардың тестілеу нәтижелері келтірілген.

Нәтижесінде P=0,461 жоғары мән алынды, ол қатардың стационарлық емес екенін шын мәнінде растайды. Бұл жағдайда h=0 сынақ нөлдік гипотезаны қабылдамады дегенді білдіреді.

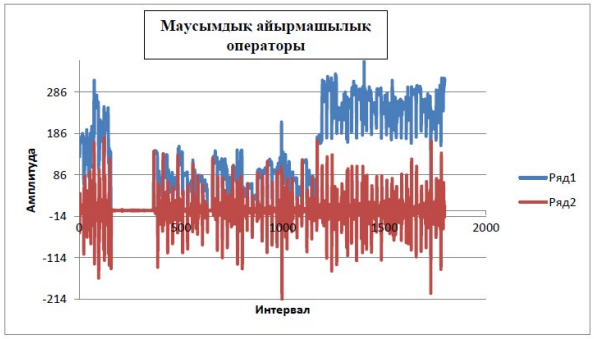


Сурет 2 – ADF-test шығыс деректері



Сурет 3 – Қосымша ақпарат ADF-test

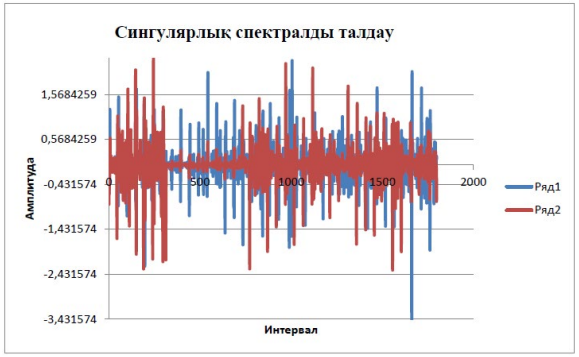
4 суретте бастапқы қатардың (1 қатар) және маусымдық айырымдық операторды қолдану негізінде алынған қатардың кестелері келтірілген (2 қатар).



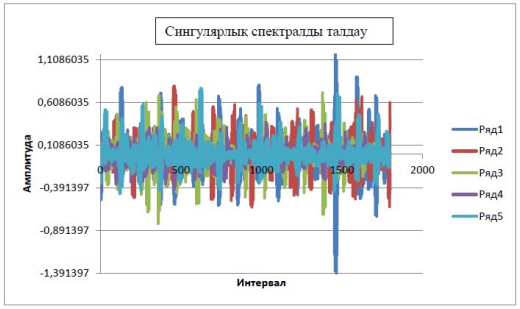
Сурет 4 – Бастапқы қатардың графиктері (1 қатар) және оның ығысуы (2 қатар)

Маусымдық оператордың көмегімен өсуге көшу немесе басқаша саралау (қатардың мәндерінің соңғы айырмашылықтарын алу) уақытша қатарды неғұрлым тұрақты етеді.

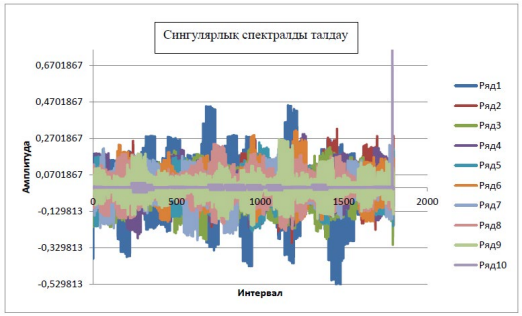
Алынған өсімді attestat бағдарламасында сингулярлық спектралдық талдау әдісімен қатардың декомпозициясына зерттейміз (5–7 суреттер).



Сурет 5 – 2 компонентке өсу декомпозициясы



Сурет 6 – 5 компонентке өсу декомпозициясы



Сурет 7 – 10 компонентке өсу декомпозициясы

Жоғарыда келтірілген суреттер 2, 5 және 10 бөлікке декомпозиция кезіндегі жоғары жиілікті тербелістер бар бастапқы қатардың (шу) өсуі де жоғары жиілікті тербелістерге ыдырайтынын көрсетеді.

Қорытынды

– зерттелетін қатар стационар емес. Дикки-Фуллер тестін қолдану p=0,461 жоғары мәні нөлдік гипотезаны қабылдамады;

– шын мәнінде, бастапқы қатарды саралау нәтижесінде оның өсуі оның шулы компоненті, яғни жоғары жиілікті құрамдас бөлігі болып табылады;

– өсу декомпозициясы жоғары жиілікті Шу құрауыштарын оның жоғары жиілікті тербелісіне ғана бөлуге әкелді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 Денсаулық сақтау саласында жасанды интеллектті енгізу ҚР жоспарланған [Электронды ресурс]. – Кіру режимі: https://www.zakon.kz/4888702-vnedrenie-iskusstvennogo-intellekta-v.htmli.

2 Жасанды интеллект ХҚО-да қолданылады [Электронды ресурс]. – Кіру режимі: https://www.zakon.kz/4891519-iskusstvennyy-intellekt-budut-primenyat.html.

3 **Mirzakulova, Sh. A.** Studying network traffic using nonlinear dynamics methods [Текст]: Sh. Mirzakulova,V. P. Shuvalov, A. A. Mekler. – Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Volume 95 95: 5869-5880., No.21, Year 2017.

4 Тұрақты емес уақытша қатарлар [Электронды ресурс]. – Кіру режимі: https://ppt-online.org/29668.

5 **Королюк, В. С.** Справочник по теории вероятностей и математической статистике[Текст]: Королюк В. С., Портенко Н. И., Скороход А. В., ТурбинА. Ф. – М. : Наука, 1985. – 640 б.

6 **Мирзакулова, Ш. А.** Статистическая оценка основных тенденций измеренного временного ряда [Текст]: С. У. Исакова, Ш. А. Мирзакулова. – Вестник КРСУ, 2018. – Том 18. – № 12 – 51–54 б.

7 ADF test – interpreting the results [Электронды ресурс]. – Кіру режимі: https://stats.stackexchange.com/questions/265603/adf-test-interpreting-the-results.

8 **Саттаров, Ш.** Будущее уже здесь//Международная конференция компании Ucell по M2M технологиям – 30.11.2016.

9 **Говоркова, В.** Рынок M2M услуг в Казахстане растет на 15–20 % в год. – https://kapital.kz/tehnology/10581/rynok-m2m-uslug-v-kazahstane-rastet-na-15-20-vgod.html (31.03.2013).

10 **Домбровский, Н.** Казахстан: развитие M2M-технологий – от автоматизации бытовой электроники до госструктур местного уровня / Н. Домбровский. – Forbes Kazakhstan, № 23 (июль ‘13).

References

1 Densaýlyq saqtaý salasynda jasandy ıntellektti engizý QR josparlanǵan [Kazakhstan plans to introduce artificial intelligence in healthcare] / [Electronic resource]. – Kіру режимі: https://www.zakon.kz/4888702-vnedrenie-iskusstvennogo-intellekta-v.htmli.

2 Jasandy ıntellekt HQO-da qoldanylady [Artificial intelligence to be used in PSC] / [Electronic resource]. – Kіру режимі: https://www.zakon.kz/4891519-iskusstvennyy-intellekt-budut-primenyat.html.

3 **Mirzakulova, Sh. A.** Studying network traffic using nonlinear dynamics methods [Текст]: Sh. Mirzakulova,V. P. Shuvalov, A. A. Mekler. – Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Volume 95 95: 5869-5880., No.21, Year 2017.

4 Turaqty emes ýaqytsha qatarlar [Irregular time series] / [Electronic resource]. – Kіru rejimі: https://ppt-online.org/29668.

5 **Korolıýk, V. S.** Spravochnık po teorıı veroıatnostei ı matematıcheskoı statıstıke [Handbook of probability theory and mathematical statistics] / [Текст]: Королюк В. С., Портенко Н. И., Скороход А. В., ТурбинА. Ф.. – М. : Наука, 1985. – 640 б.

6 **Mırzakýlova, Sh. A.** Statıstıcheskaıa otsenka osnovnyh tendentsıı ızmerennogo vremennogo rıada [Statistical assessment of the main trends in the measured time series] / [Текст]: С. У. Исакова, Ш. А. Мирзакулова. – Вестник КРСУ, 2018. – Том 18. – № 12 – 51–54 б.

7 ADF test – interpreting the results [Electronic resource]. – Kіru rejimі: https://stats.stackexchange.com/questions/265603/adf-test-interpreting-the-results

8 **Sattarov, Sh.** Býdýee ýje zdes//Mejdýnarodnaıa konferentsıa kompanıı Ucell po M2M tehnologıam [Sattarov Sh. the future is here / / International conference of Nkell on M2M technology]. – 30.11.2016.

9 **Govorkova, V.** Rynok M2M ýslýg v Kazahstane rastet na 15–20 % v god. [Govorkova V. the market of M2M services in Kazakhstan is growing by 15–20 % per year.] – https://kapital.kz/tehnology/10581/rynok-m2m-uslug-v-kazahstane-rastet-na-15-20-vgod.html (31.03.2013).

10 **Dombrovskıı, N.** Kazahstan: razvıtıe M2M-tehnologıı – ot avtomatızatsıı bytovoı elektronıkı do gosstrýktýr mestnogo ýrovnıa [Dombrovskiy N. Kazakhstan: development of M2M technologies – from consumer electronics automation to local government structures] / N. Dombrovskıı. – Forbes Kazakhstan, № 23 (ııýl ‘13).

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Ш. А. Мирзакулова[1], А. Жаналинова[2], Т. Г. Серіков[3], А. Е. Анарбаев[4]

Статистическое исследование смещения временных рядов

[1,2]Университет «Туран»,
Республика Казахстан, г. Алматы;
[3]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;
[4]Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

Sh. A. Mirzakulova[1], A. Zhanalinova[2], T. G. Serikov[3], A. E. Anarbayev[4]

Statistical study of time series bias

[1,2]«Turan» University,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
[3]S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
[4]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 11.12.20.

В процессе работы предусматривается стационарный временный ряд, который является интенсивностью пакетов протокола UDP, измеренных на городской магистрали мультисервисной сети в течение пяти часов.В исследуемой временной ряд использовались методы исследования – ADF-test, сезонный разносторонний оператор и сингулярный спектральный анализ. Использовались прикладные программы Matlab и AtteStat.

Увеличенный объем пропускной информации дает определенную сложность при ее обработке для основной сети передачи данных. С другой стороны, современное общество требует высокой скорости передачи обрабатываемой информации.

Ресурсы функционирующей мультисервисной сети адаптируются к изменениям рынка и доставляют пользователям необходимую информацию, осуществляя своевременное обновление баз новыми приложениями.

Следовательно, происходит не только увеличение объема трафика, но и изменение его структуры, поэтому анализ сетевого трафика по-прежнему остается актуальной задачей. Измеренные ряды в основном нестационарные. Прогнозирование таких рядов также актуально для сетевых устройств, обрабатывающих все увеличивающийся трафик данных со сложной структурой. Прогнозирование трафика позволяет осуществлять управление информационными потоками в сети во избежание перегрузки.

Ключевые слова: временный ряд, ADF-test, SSA, дифференцирование, протокол UDP, NGN, Мультисервисная сеть, трафик, тест Дики-Фуллера, сингулярный спектр

In the process of operation, a stationary time series is provided, which is the intensity of UDP Protocol packets measured on the urban backbone of a multi-service network for five hours. In the studied time series, the research methods were used – ADF-test, seasonal versatile operator, and singular spectral analysis. Matlab and AtteStat applications were used.

The increased amount of bandwidth information gives a certain complexity in its processing for the main data transmission network. On the other hand, modern society requires high-speed transmission of processed information.

The resources of a functioning multiservice network adapt to market changes and deliver the necessary information to users, providing timely database updates with new applications.

Consequently, there is not only an increase in traffic volume, but also a change in its structure, so the analysis of network traffic is still an urgent task. The measured series are mostly non-stationary. Forecasting such series is also relevant for network devices that process ever-increasing data traffic with a complex structure. Traffic forecasting allows you to manage information flows in the network to avoid congestion.

Key words: time series, ADF-test, SSA, differentiation, UDP protocol, NGN, multiservice network, traffic, Dickie-Fuller test, singularity spectrum

МРНТИ 50.03.03

https://doi.org/10.48081/EMHT2754

Е. К. Майлыбаев, Д. И. Исайкин,
А. Б. Шиныкулова, И. О. Косяков
Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, Республика Казахстан

ОБЗОР И АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ НА БАЗЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Анализ научных работ, посвященных проблеме технико-эксплуатационной оценки (ТЭО) работы железнодорожных станций (ЖДС), показал, что сегодня в них преимущественно рассматриваются вопросы разработки эффективных функциональных моделей в основном с использованием ЭВМ. В то же время вопросам идентификации указанных моделей, их параметризации, определения условий проведения имитационных экспериментов уделяется недостаточное внимание. Ошибки в идентификации моделей станций и неправильно выбранные условия моделирования могут существенно искажать их ТЭО. В связи с этим указанные вопросы требуют дополнительного исследования.

Ключевые слова: моделирование, железнодорожная станция, пакеты прикладных программ.

Введение

Для моделирования технологического процесса ЖДС на базе на имитационной модели, предложено множество программных средств, но они решают задачи моделирования технологических процессов односторонне и не дают однозначных ответов на вопросы логистики или моделирование технологических процессов ЖДС [1–4].

Основной материал исследования

Современный этап развития ЖДС условно можно определить, как период с 1990-х годов по настоящее время. Значительных сдвигов в направлении автоматизации проектирования ЖДС за последние десять лет не наблюдается. Анализ полученных результатов показывает, что исследователи столкнулись с довольно нетрадиционной проблемой, которая охватывает

многочисленные аспекты проектирования, и сложно формализуемой. Качество проектного решения при традиционных подходах определяется, прежде всего, уровнем квалификации проектировщика. Навыки и опыт профессионала решают проблему увязки структуры схемы ЖДС с многочисленными внутренними и внешними факторами, а описательных процедур опыта проектировщика пока не существует. В этот период начинает формироваться единый алгоритмический подход к интерпретации требований проектирования и правил реализации станционных структур в проектировании. Получают развитие так называемые SCADA-системы (или системы автоматизированного проектирования – САПР). Подобные системы способствуют внедрению автоматизированных форм сквозной разработки сложнейших проектов. Они охватывают все этапы проектирования и позволяют получать интегрированные решения для ЖДС. Электронные схемы ЖДС позволяли отслеживать состояние отдельных локомотивов на экране дисплея в точке с координатами, определенными мобильными GPS-приемниками через глобальную спутниковую навигационную систему.

Важнейшим фактором, который стал препятствовать быстрому созданию эффектной САПР ЖДС, стала эвристичность самого процесса построения схемы ЖДС. Однако благодаря усилиям ученных, занимающихся теоретическими изысканиями в данной области, и целому ряду теоретико-практических исследований и публикаций, выросла познавательная направленность полученных результатов в данной области науки.

За рубежом также проводились аналогичные исследования и работы [3, 4]. Для данных работ, характерной чертой стало накопление материалов по проблеме разработки транспортных САПР. При этом в работах зарубежных коллег преобладали методические работы в контексте развития математических методов, которые формально описывали структуру развития ЖДС. Использовались комбинаторные, топологические, матричные, графовые модели, которые отображали существенные признаки. Также зарубежные исследователи акцентировали важность корректного графического представления технического оснащения ЖДС. Все это в совокупности, позволило сформулировать ряд канонических требований, которые обычно предъявляют к математическим аналогам реальных схем ЖДС. Анализ этих работ показывает, что наблюдаются два направления, по которым зарубежные ученые проводили свои исследования в области автоматизации проектирования ЖДС:

1) техническое конструирование путевой инфраструктуры;

2) технико-технологическое моделирование элементов и процессов ЖДС.

Решая задачи, связанные с проблемами синтеза САПР, отечественные и зарубежные ученые не замыкались только на узком круге задач оптимизации

геометрических свойств проектируемых объектов. Они также связывали разрабатываемые модели, с развитием технологий обработки вагонов.

В результате такой двойственной ориентации исследований в области САПР железнодорожных станций ученым до настоящего времени не удалось получить законченного решения.

Эвристика систем, используемых для автоматизации проектирования в начале XXI-го прежде всего, стала связываться с необходимостью непосредственного активного вовлечения в процессы проектирования и анализа вариантов проектных решений как исполнителей, так и заказчиков. В этом случае методы автоматизации проектирования стали вторичными и их используют лишь как как средства и инструментарий воспроизведения результата деятельности проектировщиков.

По сути эвристическую направленность процессов проектирования можно трактовать как разделение целей проектировщиков и непосредственно программной среды САПР.

Возможности типичных САПР оказались достаточно полными для расчета и графического моделирования схем ЖДС. Однако практически ни одна САПР не обеспечивает полноценные функции интерактивного контроля со стороны проектировщиков за ходом процесса разработки ЖДС. Слабой стороной многих САПР является только фактический визуальный мониторинг развития структур объекта.

В САПР внедряют стандартные приемы компьютерного моделирования, которые позволяют проектировать и одновременно визуализировать результаты проектирования непосредственно в ходе разработки. В результате оказывается, что прямыми методами типовых САПР можно разрабатывать целостные структуры визуальных форм ЖДС и некоторые технологические объекты. Однако, необходимо серьезно перестраивать базовую среду, дополняя ее активными модулями специального содержания.

Проблема может решаться за счет применения эргатического или графоаналитических методов, обеспечивающих построение модели функционирования ЖДС в автоматизированном режиме. Однако участие человека в процессе построения модели и анализа не только общих показателей работы ЖДС, но и хода ее технологических процессов резко уменьшает продолжительность периода моделирования. В этих условиях актуальной проблемой для ЖДС является разработка методов определения таких расчетных объемов работы, для которых результаты моделирования функциональных состояний ЖДС (для ограниченного периода времени) позволяли бы делать обоснованные заключения о соответствии их технического оснащения и технологии перспективным объемам работ. Расчет ведется для условий неравномерности перевозок.

Анализ проведенных исследований и современных публикаций по проблематике исследований показал, что тенденция научных исследований, связанных с компьютеризацией технологических процессов на ЖДТ и процедур принятия оперативных решений в задачах технико-эксплуатационной оценки работы ЖДС на сегодняшний день стала общепризнанной в мире.

Создание новых моделей компьютеризации процессов технико-эксплуатационной оценки работы ЖДС, методов и аппаратно-ориентированных алгоритмов интеллектуализации этих процессов, предусматривает проведение научных исследований в области организации современных информационных технологий для синтеза автоматизированных систем технико-эксплуатационной оценки работы ЖДС.

По оценкам отечественных и зарубежных ученых, можно сделать вывод, что существенное увеличение эффективности применения современных компьютерных технологий возможно только путем изучения общих свойств математического моделирования, методов построения интеллектуальных систем, алгоритмов, применяемых в задачах управления, особенностей современных и перспективных интеллектуальных технологий для ЖДТ, а также архитектурных особенностей систем автоматизации технико-эксплуатационной оценки работы ЖДС.

AnyLogic [5] – многофункциональной пакет, предназначенный для построения имитационных моделей. Программное обеспечение AnyLogic способно поддерживать все подходы, которые встречаются в процессе имитационного моделирования. Взаимосвязанные модули AnyLogic ориентированы на построение таких моделей: процессно-ориентированных, системно-динамических, агентных и мультиагентных. AnyLogic способен поддерживать и комбинации перечисленных выше моделей. Поскольку среда AnyLogic написана на Java, то гибкость и универсальность этого языка позволяет учитывать самые разнообразные нюансы в ходе построения моделей. Возможен учет самых разнообразных конфигураций, например, при моделировании работы ЖДС, см. рис. 1. Графические интерфейсы среды AnyLogic, задействованный для моделирования инструментарий и библиотеки позволяют ускорить синтез моделей для широкого спектра задач. В AnyLogic можно моделировать не только любые производства или сферу логистики, но и решать задачи поиска оптимальных вариантов управления сложными транспортных систем. Развитые мультимедийные средства AnyLogic и интеграция в данное ПО возможностей для анимации процессов работы имитационной модели в реальном времени, дают исследователям дополнительные преимущества в процессе разработки планов развития объектов исследования и проведении экспериментов.

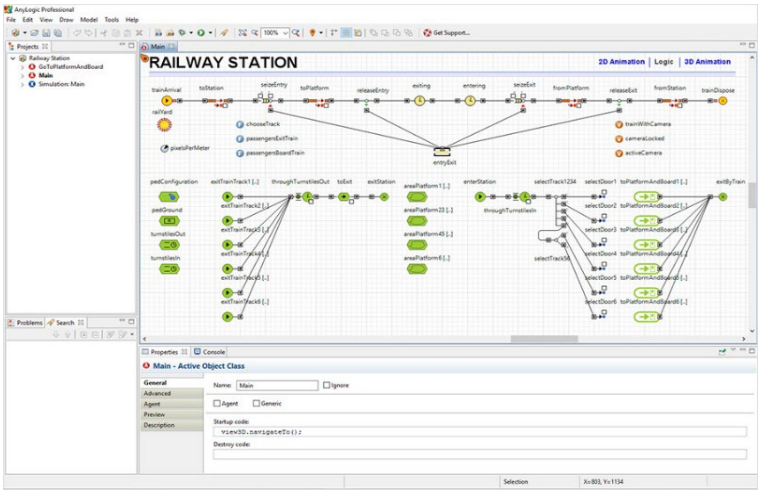


Рисунок 1 – Общий вид среды моделирования AnyLogic

Пакет имитационного моделирования Aimsun [6] – ПО для моделирования трафика. Имея тысячи лицензированных пользователей в органах государственной власти, университетах, а также множество консультантов по всему миру, Aimsun выделяется чрезвычайно высокой скоростью моделирования.

ПО AutoMod [7] предназначается для построения графических моделей в задачах визуализации систем логистики и производства. AutoMod позволяет проводить детальный анализа операций и материальных потоков в логистике. А кроме того AutoMod широко применяют для решения аналитических задач, связанных с анализом различных производственных процессов систем обработки. ПО AutoMod, см. рис. 2, имеет достаточно гибкую структуру, что делает его пригодным для практического применения для самых разнообразных постановок задач в широком диапазоне прикладного моделирования по отраслям экономики.

Еще одним интересным продуктом в области моделирования производства является ПО MvStudium, рис. 3. Данная среда имитационного моделирования позволяет анализировать физические и динамические системы. С помощью MvStudium можно достаточно оперативно создавать и виртуализировать самые разнообразные интерактивные модели. В отличие от других подобных программных продуктов на рынке моделирования производств MvStudium позволяет рассматривать многокомпонентные непрерывные, дискретные и гибридные системы.

Построенные в среде MvStudium системы могут анализировать с помощью активных вычислительных экспериментов. Создание моделей, визуализация полученных в ходе имитационных экспериментов результатов и возможность управлять вычислительными экспериментами не требует от исследователей умений писать собственный программный код. Модели можно описывать на уровне математических абстракций.

Например, для описания непрерывного поведения производственной или логистической системы применен дифференциально-алгебраический подход. Для того чтобы описать дискретное и гибридное (непрерывно-дискретное) поведение системы в MvStudium задействован потенциал визуальных карт поведения.

Преимущества и недостатки рассмотренных программных комплексов обобщены в таблице 1.

Для моделирования работы станции с помощью указанных пакетов нужно иметь подробную модель ЖДС.

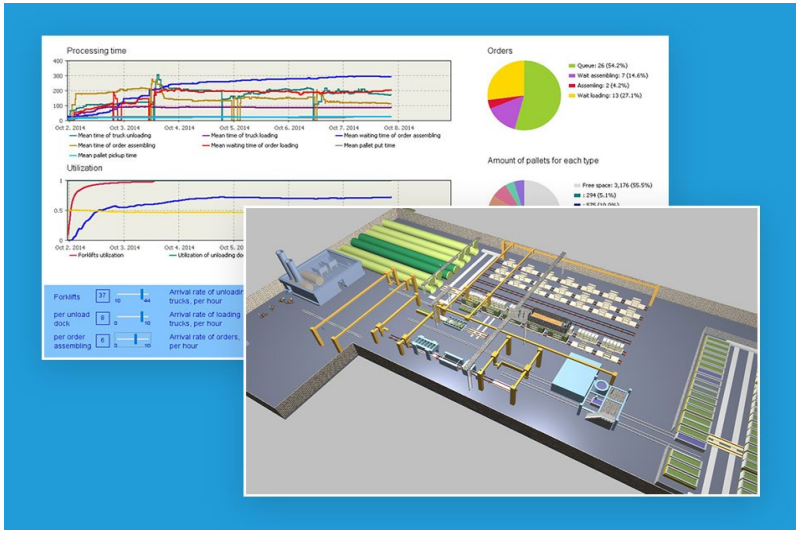


Рисунок 2 – Общий вид среды моделирования AutoMod

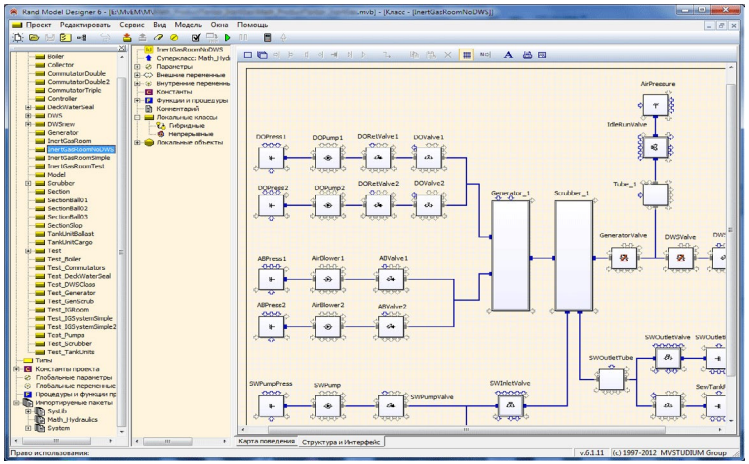


Рисунок 3 – Общий вид среды моделирования MvStudium

Таблица 1 – Преимущества и недостатки рассмотренных программных комплексов

Система	Подход к моделированию	Преимущества	Недостатки
Arena	Дискретно-событийный (ДС)	Возможно создавать свои шаблоны и модули. Аппарат для имитационных экспериментов.	Только 1 подход к модели.
AGNES	Агентный (А). События дискретные.	Кроссплатформенность (КроссПл). Возможность имитационного и натурного моделирования.	Стоимость лицензии.
GPSS	ДС	Объектно-ориентированная парадигма моделирования. Возможность имитационного и натурного моделирования.	Только 1 подход к модели. Сложный интерфейс.
AnyLogic	ДС+А	Два подхода. Возможности визуализации, оптимизации, собственные библиотеки.	Только 1 подход к модели. Стоимость лицензии.
Simplex3	ДС	Возможности визуализации диаграмм. КроссПл	Один подход. Подписка на обновления.
Simio	ДС+А	Визуализация моделей, разные формы представления результатов.	Урезанный функционал. Относительно небольшой перечень решаемых задач.

SeSAm	А	Импорт векторных и растровых файлов, работа с текстовыми файлами.	Только 1 подход к модели. Отсутствие поддержки.
SimPy	ДС	Возможность запускать модели в режиме реального времени. КроссПл.	Только 1 подход к модели. Нет визуализации.
Aivika	ДС+А	КроссПл. Параллельные вычисления.	Сложный интерфейс. Требуется достаточно длительное обучение с учетом особенностей применения данной системы.

Заметим, что данные карты поведения по сути представляют собой расширенные карты состояний языка моделирования UML. MvStudium позволяет автоматически создавать компьютерные модели, которые соответствуют заданной математической постановке задачи, а на выходе можно провести вычислительные эксперименты для проверки работоспособности модели. Компьютерная модель реализуется как отдельная программа или динамическая библиотека. Это удобно поскольку полученные таким образом динамические библиотеки можно использовать затем отдельно без привязки к пакету MvStudium. ПО MvStudium поддерживает объектно-ориентированную парадигму моделирования и программирования, что обеспечивает возможности по созданию пользователями собственных компонентов на основе входного языка. В MvStudium реализована поддержка 2D и 3D-анимации.

Железнодорожная станция является системой, находится в тесном взаимодействии с транспортной системой магистрального железнодорожного транспорта, грузоотправителями и грузополучателями и соединена с ними большим количеством прямых и обратных связей, которые изменяются во времени. При этом как укрупненные элементы станции рассматриваются ее техническое обеспечение (путевое развитие, маневровые средства, грузовые подстанции), система управления (оперативно-диспетчерский аппарат) и вагонопоток (ВагП). Между элементами системы реализованы физические и информационные связи и соответствующие каналы.

Внешней средой для ЖДС является железнодорожная транспортная система. Состояние системы характеризуется степенью задействования технических средств станции и операциями по обработке ВагП. Входом системы является ВагП и информационный поток, поступающий в адрес ЖДС. Выход системы образует ВагП и информационный поток, отправляемые с ЖДС. Элементами технического оснащения ЖДС являются функциональные единицы технологического процесса станции. Поведение

системы определяется в основном влиянием системы управления. При этом одним из элементов этой системы является человек-диспетчер. То есть ЖДС является эргатической системой, см. рис. 4.

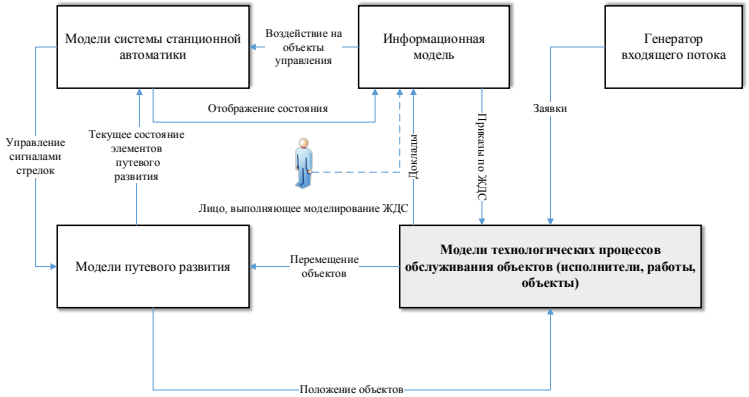


Рисунок 4 – Схема эргатической системы ЖДС

Учитывая характеристики ЖДС как сложной технической системы, а также результаты анализа степени исследований по данной проблематике [8, 9, 10], сформулированы следующие задачи для последующих исследований:

– разработка процедуры идентификации функциональных моделей ЖДС;

– совершенствование методов ТЭО оценки работы ЖДС с целью учета изменения объемов и структуры ВагП во времени;

– совершенствование методов функционального моделирования эксплуатационной работы ЖДС с помощью методов визуального программирования.

Выводы

нализ научных работ, посвященных проблеме ТЭО работы ЖДС, показал, что сегодня в них преимущественно рассматриваются вопросы разработки эффективных функциональных моделей в основном с использованием ЭВМ. В то же время вопросам идентификации указанных моделей, их параметризации, определения условий проведения имитационных экспериментов уделяется недостаточное внимание. Ошибки в идентификации моделей станций и неправильно выбранные условия моделирования могут существенно искажать их ТЭО. В связи с этим указанные вопросы требуют дополнительного исследования.

Список использованных источников

1 **Карпов, Ю. Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. / Карпов, Ю. Г. / − СПб : БХВ-Петербург, 2006. − 400 с.

2 **Dong, H., Ning, B., Cai, B., & Hou, Z.** (2010). Automatic train control system development and simulation for high-speed railways. IEEE circuits and systems magazine, 10(2), 6–18.

3 **Goodman, C. J., Siu, L. K., & Ho, T. K.** (1998, April). A review of simulation models for railway systems. In 1998 International Conference on Developments in Mass Transit Systems Conf. Publ. No. 453) (p. 80–85). IET.

4 **Zauner, G., Leitner, D., & Breitenecker, F.** (2007, July). Modeling Structural-Dynamics Systems in MODELICA/Dymola; MODELICA/Mosilab and AnyLogic. In Proceedings of the 1st International Workshop on Equation-Based Object-Oriented Languages and Tools: Berlin; Germany; July 30; 2007; conjunction with ECOOP (No. 024). Linköping University Electronic Press.

5 Railway library manual: official website of AnyLogic company [Electronic resource]. – Access mode: http://www.anylogic.ru/anylogic/help/index.jsp - Checked: 05.10.2020/

6 **Яцкив, И. В., Юршевич, Е. А., & Колмакова, Н. В.** (2005). Использование возможностей имитационного моделирования для анализа транспортных узлов. Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2005): сб. докл, 237–245.

7 **Rohrer, M. W.** (2000, December). AutoMod tutorial [simulation package]. In 2000 Winter Simulation Conference Proceedings (Cat. No. 00CH37165) (Vol. 1, p. 170–176). IEEE.

8 **Kaakai, F., Hayat, S., & El Moudni, A.** (2007). A hybrid Petri nets-based simulation model for evaluating the design of railway transit stations. Simulation Modelling Practice and Theory, 15(8), 935–969.

9 **Li, Yaohong, et al.** «An improved operation strategy for CCHP system based on high-speed railways station case study» Energy Conversion and Management 216 (2020): 112936.

10 **Harris, Nigel G., Christian S.** Mjøsund, and Hans Haugland. «Improving railway performance in Norway» Journal of Rail Transport Planning & Management 3.4 (2013): 172–180.

References

1 **Karpov, Yu. G.** Imitacionnoe modelirovanie sistem. Vvedenie v modelirovanie s AnyLogic 5. / Karpov, Yu. G. [Karpov, Yu. G. Simulation modeling of systems. Introduction to modeling with AnyLogic 5. / Karpov, Yu. G.]. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2006. – 400 p.

2 **Dong, H., Ning, B., Cai, B., & Hou, Z.** (2010). Automatic train control system development and simulation for high-speed railways. IEEE circuits and systems magazine, 10(2), 6–18.

3 **Goodman, C. J., Siu, L. K., & Ho, T. K.** (1998, April). A review of simulation models for railway systems. In 1998 International Conference on Developments in Mass Transit Systems Conf. Publ. No. 453) (p. 80–85). IET.

4 **Zauner, G., Leitner, D., & Breitenecker, F.** (2007, July). Modeling Structural-Dynamics Systems in MODELICA/Dymola; MODELICA/Mosilab and AnyLogic. In Proceedings of the 1st International Workshop on Equation-Based Object-Oriented Languages and Tools: Berlin; Germany; July 30; 2007; conjunction with ECOOP (No. 024). Linköping University Electronic Press.

5 Railway library manual: official website of AnyLogic company [Electronic resource]. – Access mode: http://www.anylogic.ru/anylogic/help/index.jsp – Checked: 05.10.2020/

6 **Yaczkiv, I. V., Yurshevich, E. A., & Kolmakova, N. V.** (2005). Ispol`zovanie vozmozhnostej imitacionnogo modelirovaniya dlya analiza transportny`x uzlov. Imitacionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika (IMMOD–2005). [Yatskiv, I. V., Yurshevich, E. A., & Kolmakova, N. V. (2005). The use of the capabilities of simulation modeling for the analysis of transport nodes. Simulation modeling. Theory and practice (IMMOD–2005)]. SB. Dokl, 237–245.

7 **Rohrer, M. W.** (2000, December). AutoMod tutorial [simulation package]. In 2000 Winter Simulation Conference Proceedings (Cat. No. 00CH37165) (Vol. 1, p. 170–176). IEEE.

8 **Kaakai, F., Hayat, S., & El Moudni, A.** (2007). A hybrid Petri nets-based simulation model for evaluating the design of railway transit stations. Simulation Modelling Practice and Theory, 15(8), 935–969.

9 **Li, Yaohong, et al.** «An improved operation strategy for CCHP system based on high-speed railways station case study» Energy Conversion and Management 216 (2020): 112936.

10 **Harris, Nigel G., Christian S.** Mjøsund, and Hans Haugland. «Improving railway performance in Norway» Journal of Rail Transport Planning & Management 3.4 (2013): 172–180.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Е. К. Майлыбаев, Д. И. Исайкин, А. Б. Шинықулова, И. О. Косяков

Теміржол станциясының технологиялық процесін баламалық модель негізінде модельдеуге арналған бағдарламалық жасақтамаларға шолу және талдау

Қазақ қатынас жолдары университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.,
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

Y. Mailybayev, D. Isaikin, A. Shinykulova, I. Kosyakov

Review and analysis of software for modeling the technological process of a railway station based on simulation model

Kazakh University Ways of Communications,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 11.12.20.

Темір жол станцияларының (ТЖС) жұмысын техника-эксплуатациялық бағалау (ТЭБ) проблемасына арналған ғылыми жұмыстарды талдау, бүгінгі таңда ЭЕМ-ді пайдалана отырып, тиімді функционалдық модельдерді әзірлеу мәселелері басым қаралатынын көрсетті. Сонымен қатар, модельдерді сәйкестендіру, оларды параметрлеу, модельдеу эксперименттерінің шарттарын анықтау мәселелеріне жеткіліксіз көңіл бөлінеді. Станция модельдерін анықтаудағы қателер және дұрыс таңдалмаған модельдеу шарттары олардың ТЭБ-ін айтарлықтай бұрмалауы мүмкін. Осыған байланысты бұл сұрақтар қосымша зерттеуді қажет етеді.

Кілтті сөздер: модельдеу, теміржол станциясы, қолданбалы бағдарламалар пакеттері.

Analysis of scientific works devoted to the problem of technical and operational assessment of the work of railway stations showed that today they mainly deal with the development of effective functional models, mainly using computers. At the same time, insufficient attention is paid to the identification of these models, their parameterization, and the determination of the conditions for carrying out simulation experiments. Errors in identifying station models and incorrectly chosen modeling conditions can significantly distort their technical and operational estimates. In this regard, these issues require additional research.

Keywords: simulation, railway station, application packages.

ҒТАМР 44.37.29

https://doi.org/10.48081/LKSL2288

О. Д. Меирбекова
Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Қазақстан Республикасы, Түркістан қ.

КЕНТАУ ТРАНСФОРМАТОР ЗАУЫТЫНЫҢ ЖИНАУ ЦЕХЫН ЗАМАНАУИ ЖЫЛЫТУ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫМЕН ЖАҢҒЫРТУ

Бүгінгі таңда әлем ғалымдары энергияның жаңа көзін жыл өткен сайын іздестіріп келуде. Энергия өндіру бағытында жаңғыртылатын қуат көздерін құру бүгінгі және болашақ үшін өте маңызды. Қазіргі уақытта, күн сәулесі болашақтың сарқылмас энергиясы бола алады. Сондықтан, адамдар ертеден күн энергиясын тиімді пайдалану жолдарын қарастырып келеді. Мұнда оңтүстік өңірде орналасқан Кентау трансформатор зауытының (КТЗ) жинау цехының жылу жүйесін жетілдірілген күштік жылу қондырғыларымен жаңғырту мәселелері қарастырылған. Сондай-ақ зауыттың жылыту жүйесін жобалау кезінде қазіргі заманғы жылу беру құралдары мен жылу жүйелері пайдалана отырып, жылыту аспаптарының жылу есебінің алгоритмі әзірленген. Arduino бағдарламасы негізіндегі диагностикалық өлшеу жүйесі, өңдеу және сақтау процесін қашықтықтан бақылауға мүмкіндігі қарастырылған. Зерттеу жұмысында күн энергиясын қолдану аясын кеңейту мәселелері қарастырылып отыр.

Кілтті сөздер. Күн энергиясы, жылыту жүйесі, жылыту аспаптары, Күн батареялары, коллекторлар, КТЗ, Arduino базасы, фотоэлектрлік қондырғылар, ЖЭҚ, датчиктер.

Кіріспе

Қазіргі кезде Күн энергиясы халық шаруашылығында – гелиотехникалық құрылғылар (жылыжай, саяжай, су жылытқыш, кептіргіш және т.б.) өте жиі қолданылып жүр. Күн энергиясын тікелей электр электр энергиясына айналдыратын шала өткізгіштерден құрастырылған Күн батареялары күнделікті өмірде қолданылуда. Біздің заманымыздың табиғи таза энергия қоры – Күн энергиясын пайдаланудың негізгі екі бағыты бар:

– Күн энергиясын ішкі энергияға түрлендіру арқылы жылумен қамтамасыз ету;

– Күн энергиясын электр энергиясына түрлендіру.

Дербес тұтынушылармен қатар өндіріс салаларының энергияға деген мұқтаждығы өзекті мәселе болып отыр. Күн және жылу қондырғыларының көмегімен өнеркәсіп саласындағы ғимараттарды электр энергиясы және жылумен қамтамасыз ету үшін күн қондырғыларының жаңа түрлерін пайдалану өте тиімді екендігі белгілі болды. Келешекте өндірісті жоғарғы дәрежедегі энергетикалық жылу қуаттылықты арттыру, оны шешудің жолы қажеттілігі туындайды.

Бәрімізге белгілі күн сәулесі денеге өткенде жұтылады, кері жағдайда жұтылған энергия қоршаған ортаға сәулесін шығарады (сәулеленеді). Бұл мақалада осы энергияны пайдалану мақсаты көзделіп отыр.

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың әртүрлі түрлерін олардың негізгі қажетті өнімі электр энергиясы мен жылу энергиясы болып табылады, соның ішінде жылуға деген қажеттілік технологиялық мақсаттар үшін де, сантехникалық мұқтаждықтар үшін де барлық қазіргі заманғы өнеркәсіптік кәсіпорындарда орын алуда.

Зерттеу нысаны. Бұл мақаладағы зерттеу нысаны «Кентау трансформатор зауыты».

Зерттеудің пәні: энергия тұтыну шығынын азайту үшін тиімді заманауи қондырғылар.

Мақсаты: Кентау трансформатор зауытындағы жинау цехын жылу жүйесін жетілдірілген күштік жылу қондырғыларымен жаңғырту.

Міндеттері:

– зауыттың электр және жылу жүктемелерін анықтау;

– жылумен жабдықтау жүйесін жобалау кезінде жаңа қондырғыларды пайдалану;

– зауыттың жылу желілеріне энергетикалық есептеу жүргізу;

– жылумен жабдықтау көзіне есептеулер жүргізу.

Зерттеудің әдістері мен нәтижесі:

Зауыттың жылыту жүйесін жобалау кезінде біз қазіргі заманғы жылу беру құралдары мен жылу жүйелерін пайдаланамыз. Бұл жылу тасымалдағыштан жылытылатын үй-жайларға жылу беруге арналған жылыту жүйесінің негізгі элементтерінің бірі. Әрбір үй-жайды жылытуға жұмсалатын жылу шығыны есептік қысқы жағдайларда қажетті температураны ұстау үшін жылу балансы бойынша анықталады. Бұл жағдайларда $Q_{тұт}$ үй-жайының жылу тұтынуы (жылытуға жұмсалатын жылу шығыны) $Q_{жб}$ жылыту құралының жылу бергіші мен $Q_{құб}$ қызған құбырлары өтелуі тиіс. Бұл бөлмедегі қосынды жылу беру жылыту аспабының жылу жүктемесі деп аталады.

$Q_{тұт}$ жылу жүктемесі жылыту құралы орнатылған жерде қоршау конструкциясының қызуынан болатын қосымша $Q_{қос}$ жылу шығындары кірмейді. Осылайша, жылу тасымалдағыштан үй-жайға $Q_{ж}$ жылу ағыны берілуі тиіс, оның мәні $Q_{тұт}$ есептік жылу тұтыну мәнінен $Q_{қос}$ қосымша жылу шығынының шамасына артық болуы тиіс:

$$Q_{ж} = Q_{тұт} + Q_{қос} \quad (1)$$

$Q_{қос}$ қосымша жылу шығындары негізгі жылу шығынының үлесінде көрсетіледі.

Әрбір жылыту құралында қажетті жылу беру аспаптарына сәйкес есептелетін, $A_{жб}$, $м^2$ жылыту бетінің белгілі бір ауданы болуы тиіс. Қажетті жылу беруді қамтамасыз ету үшін аспаптарға жылу тасығыштың шығыны деп аталатын уақыт бірлігіне G, кг/с (кг/с) жылу тасығыштың белгілі бір саны түсуі тиіс.

Егер жылу тасымалдаушы су болса, онда:

$$G_{су} = Q_{ж} / \left(c\left(t_{кір} - t_{шығ}\right)\right) \quad (2)$$

мұндағы $G_{су}$ – су шығыны, кг/с, с – судың меншікті массалық жылу сыйымдылығы, ол 4187 Дж/(кг·°С)-ке тең, $t_{кір}$, $t_{шығ}$ – үй-жайға кірісі мен одан шығу кезіндегі судың температурасы, °С.

Егер жылу тасымалдаушы қаныққан бу болса, онда:

$$G_{бу} = Q_{ж} / r \quad (3)$$

мұндағы $G_{бу}$ – бу шығыны, кг/с, r – жылыту аспабында будың белгілі бір қысымы кезінде конденсацияның үлестік жылуы Дж/кг[1–3].

Жылыту аспаптарының жылу есебінің алгоритмін әзірлеу

Аспаптың жылу есептеу алгоритмін жасау жылыту жүйесінің маңызды кезеңі болып табылады.

Ол зауыт цехының үй-жайына жылу тасымалдағыштан қажетті жылу ағынын қамтамасыз ететін әрбір жылыту аспабының сыртқы жылыту бетінің ауданын анықтаудан тұрады.

Есептеу аспаптардың жылу қуатын таңдау шарттары үшін орнатылатын жылу жеткізгішінің температурасы кезінде жүргізіледі. Будың жылу тасымалдағышы үшін бұл аспапта берілген қысымда қаныққан будың температурасы. Судың жылу тасығышы үшін-аспаптағы судың шығынына байланысты ең жоғары орташа температурасы.

Жылу қуаты, яғни $Q_{жб}$ оның есептік жылу бергіші цех бөлмесінің жылу бергішін шегере отырып, осы бөлмедегі салынған жылу құбырларының жылу бергішін шегере отырып, жылу тұтынуы анықталады.

Жылу беретін беттің ауданы аспаптың қабылданған түріне, оның үй-жайда орналасуына және құбырларға қосылу схемасына байланысты болады. Бұл факторлар аспаптың жылу ағынының беткі тығыздығының мәніне әсер етеді.

Егер $q_{жб}$, Вт/м^2 аспабының жылу ағынының үстіңгі тығыздығы белгілі болса, онда Q, Вт жылу беру аспабының жылу беруі оның жылыту бетінің ауданына пропорционалды болуы тиіс:

$$Q_{жб} = q_{жб} \cdot A_p \quad (4)$$

Осыдан жылу тасымалдағыштың түріне қарамастан, A_p, м^2, жылыту аспабының есептік ауданы мынаған тең болады:

$$A_p = Q_{жб}/q_{ж} \quad (5)$$

мұндағы: $Q_{жб}$ – қарастырылып отырған үй-жайдағы аспаптың қажетті жылу беруі.

$$Q_{жб} = Q_{тұт} - Q_{құб} \cdot k_{құб} \quad (6)$$

$Q_{тұт}$ – үй-жайдың жылу тұтынуы, Вт; $Q_{құб}$ – үй-жай аумағында салынған жылыту құралы тікелей жалғанған тіреуіштің (тармақтардың) қыздырылған құбырларының және суағарлардың, сондай-ақ транзиттік жылу құбырының жиынтық жылу беруі, Вт; $k_{құб}$ – зауыт цехының үй-жайларында берілген ауа температурасын ұстап тұру үшін пайдалы жылу құбырларының жылу беру үлесін есепке алатын түзету коэффициенті ($к_{құб}$ құбырларды төсеу кезінде құрайды: ашық құбырда-0,9, бітеу жабық қабырғада – 0,5, ауыр бетонға бітелген – 1,8 (жылу беру деңгейінің өсуі жылу беру бетінің ауданының ұлғаюымен басып озады).

$Q_{құб}$, Вт жылу құбырларының қосынды жылу беруі мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{құб} = k_{құб} \cdot d_H \cdot l \cdot (t_Г - t_{ауа}) \quad (7)$$

мұндағы $k_{құб}$, $d_н$, l – тиісінше жылу беру коэффициенті, Вт/(м^2*°С), сыртқы диаметрі, м, және ұзындығы, м, жеке жылу құбырлары; $t_г$ және $t_{ауа}$ – тиісінше жылу тасығыштың температурасы және үй-жайдағы ауа, °С

Жылу құбырларының жылу беруін мына формула бойынша жуықтап анықтауға болады:

$$Q_{құб} = q_в \cdot l_в + q_Г \cdot l_Г \quad (8)$$

$q_в$ және $q_г$ мәндері берілген анықтамалық әдебиеттегі кестелерді пайдалана отырып, $q_в$ және $q_г$ – 1м-дегі сәйкесінше тік және көлденең салынған құбырлар жылу беруі, Вт/м, олардың диаметрінен және температура айырмасынан ($t_г - t_в$) анықталатын; $l_в$ және $l_г$ – үй-жай шегіндегі тік және көлденең жылу өткізгіштердің ұзындығы, м:

$$A_p = Q_{жб}/q_{жб} \quad (9)$$

Барлық жылыту аспаптарының жылу беретін беті шартты бірліктерде – эквивалентті шаршы метрмен (экм) жүргізілді.

Жылу тасымалдағыштың және ауаның орташа температурасы ($t_г - t_в$)=64,5 °С және $G_{сал}$=1,0 аспабындағы жылу тасымалдағыштың салыстырмалы шығыны кезінде 506Вт (435ккал/сағ) жылу бергіші бар аспаптың жылыту бетінің ауданы эквивалентті шаршы метр деп саналды.

Жылу беру коэффициенті эталондық радиатордың (Н-136 типті секциялық радиатордың бұрын шығарылған) жылу беру коэффициентіне қарағанда жоғары жылу беру аспаптарына, яғни тегіс құбырлы аспаптар мен панельді радиаторларға, олардың көлемі бойынша м^2-ден асатын экм-дегі алаңды өлшеу берілді.

Керісінше, тиімділігі аз жылу техникалық құралдардың (конвекторлардың, қабырғалы құбырлардың) ауданы олардың ауданы м^2-ге қарағанда көлемі жағынан аз экм-де өлшенді.

Аспаптың қыздыру бетінің есептік ауданы анықталғаннан кейін аспаптар каталогы бойынша оның ең жақын сауда өлшемі (секциялар саны немесе панельді радиатордың маркасы, конвектордың ұзындығы, қабырғалы немесе тегіс құбыр) таңдап алынады[4, 9].

Бұл ретте қондырғыға қабылданған құралдың нақты ауданы, әдетте, есептеуден артық алынады (бұл құралдың жылу беруінде және орташа статистикалық жоғарылататын коэффициентті енгізумен жылу тасымалдағыштың шығынында алдын ала ескеріледі.

Секциялық радиаторлардың ұзындығы аспаптарды құрайтын секциялар санына байланысты.

Радиаторлар секцияларының санын мына формула бойынша анықтайды.

$$N = (A_p/a_1)(a_4/a_3) \quad (10)$$

мұндағы a_1 – бір секцияның ауданы, м^2, үй-жайда орнатуға қабылданған радиатор типі; a_4 – үй-жайда радиаторды орнату тәсілін ескеретін түзету коэффициенті; a_3 – бір радиатордағы секциялар санын ескеретін түзету коэффициенті (A_p = 2,0 м^2 кезінде a_3 – 1,0), ол М-140 типті радиаторлар үшін мынадай формула бойынша есептеледі:

$$a_3 = 0{,}97 + 0{,}06/A_p \quad (11)$$

Секциялық радиаторлар жылыту аспабының ауданы 2,0 м^2, яғни жеті-сегіз секцияның құрамында жылу сынағынан өтеді, сондықтан жылу беру коэффициентінің алынған мәні тек осындай өлшемдегі радиаторлар үшін ғана шынайы.

Сонымен қатар, жылу беру коэффициенті салыстырмалы түрде жоғарылайды, шеткі секциялардың күшейтілген жылу ағынының әсері арқасында, олардың шеттері бөлмемен жылу алмасу үшін бос, сондықтан радиатордың өлшемдері бірнеше қысқартылуы мүмкін.

Секциялардың көп саны кезінде шеткі секциялардың жылу беру коэффициентіне әсері азаяды және радиатордың өлшемдері біршама ұлғайтылуы тиіс. Бір секцияның ауданы 0,25 м^2 болатын радиаторлар типтері үшін (оның ішінде эталондық радиатор үшін) коэффициент келесі формула бойынша анықталады.

$$a_3 = 0{,}92 + 0{,}16/A_p \quad (12)$$

Секциялардың есептік саны:

$$a_3 = 0{,}97 + 0{,}06/A_p \quad (13)$$

Радиатор секцияларының бүтін санын таңдау кезінде A_p-ның есептік ауданын 5 %-дан (бірақ 0,1м^2-ден артық емес) кеміту рұқсат етіледі.

Осылайша үй-жайдағы есептік температурадан ауытқуды шектеу мақсатында жұмыс жасайды (әдетте қолайлы төмендетуге 1 °С-азаматтық және 2 °С-өндірістік ғимараттарда орын алады). Сондықтан, әдетте, жақын арада секциялар санын орнатуға болады.

Егер сыртқы қабырғада терезе астындағы қуыс болса, онда радиатордың ұзындығы оның ұзындығынан кем дегенде 400 мм-ге құбырларды тура жеткізу кезінде (600 мм) кем болуы тиіс.

Болат панельді радиаторлардың ұзындығы секциялық радиаторларды есептеу кезіндегі сияқты стандартты элементтердің жиынтығының нәтижесінде емес, шығарылатын маркалардың өлшемдерімен анықталады.

Жылыту аспабының ауданын ұлғайту үшін, егер қажет болса, бір блокты панельді радиаторлардың жекелеген маркалары (мысалы, РСВ немесе РСГ типтері) параллель орналасқан екі панельден тұратын блоктарға біріктірілуі мүмкін.

Егер қондырғыға, м^2 белгілі бір ауданының панельді радиаторы арналса, онда үй-жайда орналастырылатын осындай радиаторлардың саны:

$$N = \frac{A_p}{a_1} \quad (14)$$

Екі қатарлы блоктарды қолдану кезінде олардың A_p есептік ауданын радиатордың бір қатарлы қондырғысы үшін коэффициентпен салыстырғанда тиісінше төмен жылу беру коэффициентін қабылдай отырып ұлғайтады.

Қаптамасы бар конвекторлардың ұзындығы да толық дайын аспаптардың өлшемдерімен анықталады. Мысалы, «Ритм» түріндегі едендік конвекторлар қаптаманың ұзындығы 1000 және 1500 мм.

Әр түрлі маркалы «Комфорт-20» және «Универсал-20» типті қабырғалық конвекторлар ұзындығы бойынша бір-бірінен 100 мм-ге («Универсал-С» типті – 50 мм-ге) ерекшеленеді [5–7].

Қабаттағы қабықсыз немесе қабырғалы құбырларсыз конвекторлар элементтерінің санын тігінен және көлденең қатарда мынадай формула бойынша анықтайды:

$$N = \frac{A_p}{n \cdot a_1} \quad (15)$$

мұндағы n – құралды құрайтын қабаттар мен элементтер қатарының саны; a_1 – конвектордың бір элементінің немесе қабылданған ұзындығы бір қабырғалы құбырдың ауданы, м^2.

Қабаттар мен элементтер қатарының болжамды санын, сондай-ақ оларды өзара қосу схемасын жылыту аспабының есептік ауданын анықтау кезінде (кейіннен тексеру арқылы) алдын ала ескеру қажет.

1 м қабаттағы немесе тегіс құбыр аспабының қатарындағы жылытқыш құбырдың ұзындығы мынаны құрайды:

$$l = A_p \cdot a_4/(n \cdot a_1) \quad (16)$$

мұндағы a_4 – құбырларды безендіріп жабудың болуын ескеретін түзету коэффициенті; n – аспапты құрайтын қабаттардың немесе жылытатын құбырлар қатарының саны; a_1 – қабылданған диаметрдегі ашық көлденең құбырдың 1 м ауданы.

Элементтердің немесе аспаптардың бөлшек есептік санын бүтін санға дейін дөңгелектеген кезде радиаторлар үшін сияқты кем дегенде 5 %-ға (бірақ 0,1 $м^2$-ден аспайтын) азайтуға болады [8–10].

Климаттық факторлар

Күн радиациясы – Вольт-амперлік күн элементінің сипаттамасы оның бетіне түсетін Күн радиациясының санына байланысты. Бұлт шығыс қуатын 50 %-дан артық төмендетеді. Екінші жағынан, СБ-ның шығыс параметрлеріне әсер етеді, және күннің орналасу орны зениттік жағдайға жақын болғанда, ток СБ -ны өндіреді, бұл ретте СБ-ның жұмыс бетінің қыздырылады.

Ақ жұмыс режиміне ауа температурасы мен жылдамдық белсенді түрде жылу энергиясының мөлшері және жұмыс температурасы оның температурасының айтарлықтай жоғарылауы есепке алынады, нәтижесінде СБ шығыс параметрлері өзгереді.

Ауа ылғалдылығы – ауа ылғалдылығы СБ жұмысына айтарлықтай әсер етеді, сондықтан күн сәулесінің спектралды буының спектралды буы СБ жұмысының ең тиімді спектралды аймағының диапазонында жатыр.

Сондықтан ылғалдылығы СБ мен қоршаған орта арасындағы жылу алмасу процестеріне белсенді әсер етеді.

Аппараттық факторлардың әсері

Күн элементінде аппараттық факторлар:

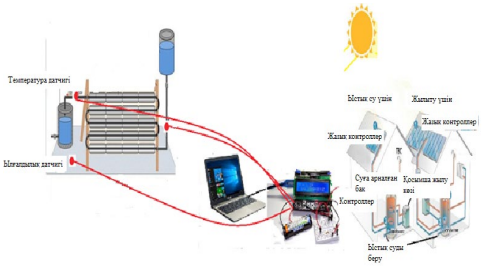
1) жер бетінен күн сәулесінің көрінісі процесінде;

2) сәуле шығару бөлігінің СЭ арқылы өтуі және шашырауы процесінде;

3) СЭ көлемі бойынша фотобуды рекомбинациялау процесінде;

4) СБ ішкі кедергісі процесінде [11, 12].

Көрсетілген факторлардың КБ жұмысының әсеріне талдау жүргізілді.



Сурет 1 – Жылу жүйесіндегі энергетикалық параметрлерін зерттеуге арналған эксперименттік стенд

Біздің міндетіміз табиғи және аппараттық факторларды ескере отырып, параметрлерді зерттеу үшін әдістер мен құралдарды әзірлеу, сондай-ақ КТЗ объектісі Кентау қаласының метеорологиялық деректері негізінде өндірілетін қуатты болжау болып табылады.

Осы мәселені шешу үшін біз Arduino базасында өлшеу датчиктері бар КБ эксперименттік стенді әзірленіп, эксперименттік зертеулер жасалды.

Arduino негізіндегі диагностикалық өлшеу жүйесі

Бағдарлама алынған деректерді өлшеу, өңдеу және сақтау процесін қашықтықтан бақылауға мүмкіндік береді.

Әзірленген бағдарлама екі режимде жұмыс істей алады: автоматты және қолмен. Автоматты режимде датчиктердің көрсеткіштерін алу алдын ала енгізілген күйге келтірулерге сәйкес жүзеге асырылады. Мобильді станцияның қолмен жұмыс істеу тәртібі бір реттік өлшеулерді жүзеге асырады.

Arduino базасындағы өлшеу құралдары:

Эксперимент жүргізу үшін қажетті өлшеу жүйелері таңдалып алынды:

– метеопост,

– температуралық датчиктер,

– жарықтандыру датчиктері,

– кернеуді өлшеуге арналған аспаптар,

– ток күші мен қуаты.

Барлық өлшеу датчиктері эксперименталдық стендте орнатылған.

Жүйе баптаулары:

– барлық датчиктердің көрсеткіші 5 сек кейін түсірілді;

– датчиктің көмегімен ауа температурасы, ылғалдылығы, жел жылдамдығы алынды;

– барлық сенсорларды көрсету нәтижелері компьютер дисплейінің экранына шығады;

– эксперимент нәтижелері бойынша деректер базасы құрылады.

Датчиктерді эксперименттік тестілеу нәтижелері:

барлық датчиктер КБ-ға орнатылады және электрондық платалар арқылы компьютерге қосылады;

– тәжірибе 30 минуттан кейінгі уақыт аралығымен өткізіледі;

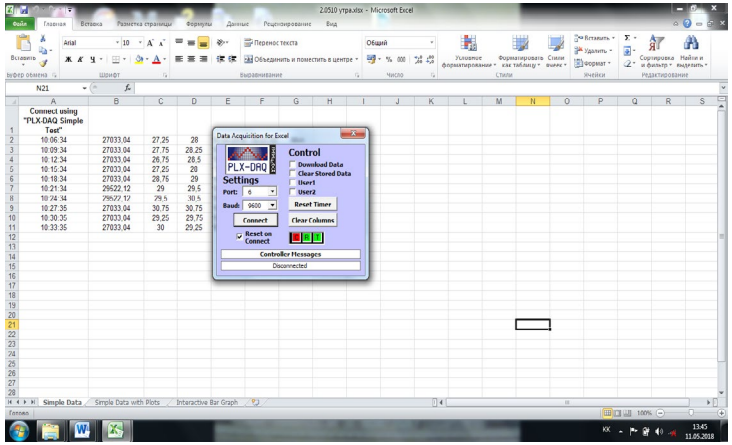
– өлшеу ұзақтығы жиналған деректер өңделеді және файлға жазылады.

Әрбір эксперименттен кейін әрбір параметрдің барлық көрсеткіші бір өлшемді массив түрінде теріледі және алынған нәтиже деректер файлына сақталады.

Күн, жел энергетикасы сынды қуат көздерін дамыту бүгінгі күннің басты қажеттілігіне айналып келеді. Тіпті, елімізде өтетін «ЭКСПО-2017» халықаралық көрмесіне ұсынылған тақырып та осыған орайлас болды, яғни, «Болашақтың энергиясы!».

Қазір біз энергияны үнемсіз пайдаланамыз. Мұның бәрі еліміздің экономикасының дамуына елеулі зиян келтіреді және экологиялық дағдарысқа әкеледі. Осыған орай, Кентау трансформатор зауыты нысанын жылу энергиясымен қамтамасыз етуде маусымдық тәуліктік жүктемелерді ескере отырып, жинау цехын жылыту үшін қажетті жүктемелер анықталды.

КБ жұмыс режимдерін тестілеу үшін эксперименттік стендтер әзірленді. NASA деректерін пайдалана отырып күн радиациясының жылдық кірісі деректері алынды.



Сурет 2 – Arduino датчиктерден алынған деректер

Климаттық және аппараттық факторларды ескере отырып, жылу энергиясының орташа айлық өндірілуі ФЭҚ және ЖЭҚ есептелді.

Жүргізілген талдау ФЭҚ мен ЖЭҚ белгіленген қуатының үлестік құнын көрсетеді, сондықтан КТЗ сияқты жергілікті тұтынушыларды жылу энергиясымен жабдықтау үшін ФЭҚ мен ЖЭҚ енгізу өзекті мәселе болып табылды.

Сонымен қатар бұл зерттеуде мынадай нәтижелер алынды:

– климаттық факторларды есепке ала отырып, ФЭҚ энергетикалық параметрлерін есептеуге мүмкіндік беретін әдістеме мен математикалық модель құрылды;

– күн ФЭҚ тығыздығының таралуын бағалауға мүмкіндік беретін есептеу әдістемесі әзірленді;

– Arduino базасында диагностикалық өлшеу жүйесі әзірленді және құрылды.

– қажетті өлшеу датчиктері таңдалды,

– ФЭҚ модульдерінің негізгі элементтерінің оңтайлы орналасуы әзірленді.

– ФЭҚ және ЖЭҚ жұмысына климаттық факторлардың әсерін диагностикалық тестілеу жүргізілді;

– NASA деректерін пайдалана отырып күн радиациясының жылдық кірісі деректерін алынды.

Қорытынды:

Бұл зерттеу күн энергиясын жылу энергиясына айналдыратын фотоэлектрондық түрлендіргіштерді тұрмыста пайдалануымыз қажет екендігін, Күн сәулесі арқылы тікелей жылытуға немесе фотоэлементтер көмегімен энергияны қайта өңдеу арқылы жылу энергиясын алуға не басқа да пайдалы жұмыстарды атқаруға болатындығын нақтылай түсті. Себебі, Күн энергетикасы энергия көзінің сарқылмайтын түрі болып табылады, әрі экологиялық жағынан да пайдасы өте зор.

Бұл зерттеу нысанында жүргізілген жұмыстың нәтижесі бойынша зауыт болашақта күн қондырғысының көмегімен жылу жүйесін жетілдіре алады.

Пайдаланған деректер тізімі

1 Использование солнечной энергии в Казахстане/ М. А.Ташимбетов, Ж. С. Туленбаев /Вестник ТарГУ им. М. Х. Дулати. «Природопользование и проблемы антропосферы». № 3, 2006.

2 Солнечная энергетика Казахстана: возможности и перспективы / Р. А. Алшанов – Алматы : Университет «Туран», 2009. – 19 с.

3 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии/ А.П.Баскаков, В. А. Мунц – М. : Издательский Дом «БАСТЕТ», 2013. – 368 с.

4 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин – М. : КНОРУС, 2010. – 232 с.

5 Использование солнечной энергии / Р. Р. Апариси. – М. : изд. «АН СССР», 2011. – 151 с.

6 Гелиотехника / Р. А. Захидов. – М. : Изд. «Мир», 2013. – 261 с.

7 Оптика в установках для использования солнечной энергии/В.Б. Вейберг. – Москва. : Изд. «Оборогиз», 2013. – 322 с.

8 Энергетика Казахстана / К. Д. Дукенбаев -– Алматы. : «Ғылым», 2014. – 295 б.

9 The Sun/ C. Abbot – New York and London: D. Appelton and company, 2010. – 146–147 p.

10 Emergency Power Systems with Photovoltaics / R.William, Jr.Young. University of Central Florida, Florida Solar Enerjy Center, 2010. – 10 page.

11 Optimal management of renewable energy sources by virtual power plant/ Kasaei, Mohammad Javad & Gandomkar, Majid & Nikoukar. Renewable Energy, Elsevier, vol. 114(PB), – 2017. – 1180–1188 p.

12 Электроснабжение завода мощных тракторов/ Е. А. Наумова – Челябинск: ЮУрГУ, Э, 2018. – 132 с.

References

1 Ispolzovanie solnechnoy energii v Kazahstane/ M. A. Tashimbetov, Zh. S. Tulenbaev /Vestnik TarGU im. M. H. Dulati. «Prirodopolzovanie i problemyi antroposferyi». [Use of solar energy in Kazakhstan / M. A. Tashimbetov, Zh. S. Tulenbaev / Bulletin of tarsu named after M. Kh. Dulati. «Nature management and problems of the anthroposphere»]. № 3, 2006.

2 Solnechnaya energetika Kazahstana: vozmozhnosti i perspektivyi / R. A. Alshanov. [Solar energy in Kazakhstan: opportunities and prospects / R. A. Alshanov]. – Almaty : Turan University, 2009. – 19 p.

3 Netraditsionnyie i vozobnovlyaemyie istochniki energii/ A.P.Baskakov, V.A.Munts. [Non-Traditional and renewable energy sources / A. p. Baskakov, V. A. Munts]. -M.: publishing House «BASTET», 2013. -368 p.

4 Netraditsionnyie i vozobnovlyaemyie istochniki energii/ Yu.D.Sibikin, M. Yu. Sibikin. [Non-Traditional and renewable energy sources/ Yu. D. Sibikin, M. Yu. Sibikin]. – M. : KNORUS, 2010. – 232 p.

5 Ispolzovanie solnechnoy energii/R.R.Aparisi. [Use of solar energy / R. R. Aparisi]. – M. : ed. «An SSSR», 2011. – 151 s.

6 Geliotehnika/ R. A. Zahidov. [The Solar Engineering/ R. A. Zakhidov]. M. : Izd. Mir, 2013. – 261 s.

7 Optika v ustanovkah dlya ispolzovaniya solnechnoy energii/V. B. Veyberg. [Optics in installations for the use of solar energy/V. B. Weiberg]. – Moscow. : Ed. Oborogiz, 2013. – 322 s.

8 Energetika Kazahstana / K. D. Dukenbaev. [Energy Of Kazakhstan / K. D. Dukenbayev]. – Almaty. : «Gylym», 2014. – 295 b.

9 The Sun / C. Abbot-New York and London: D. Appelton and company. [The Sun/ C. Abbot- New York and London : D. Appelton and company]. – 2010. – 146–147 p.

10 Emergency Power Systems with Photovoltaics / R. William, Jr. Young. University of Central Florida, Florida Solar Enerjy Center. [Emergency Power Systems with Photovoltaics / R. William, Jr. Young. University of Central Florida, Florida Solar Enerjy Center]. – 2010. – 10 page.

11 Optimal management of renewable energy sources by virtual power plant/ Kasaei, Mohammad Javad & Gandomkar, Majid & Nikoukar. Renewable Energy,

Elsevier. [Optimal management of renewable energy sources by virtual power plant/ Kasaei, Mohammad Javad & Gandomkar, Majid & Nikoukar. Renewable Energy, Elsevier]. – Vol. 114(PB), – 2017. – 1180–1188 p.

12 Elektrosnabzhenie zavoda moschnyih traktorov/ E.A. Naumova. [Electricity supplies are powerful tractors/ E. A. Naumova]. – Chelyabinsk: SUSU, uh, 2018 – 132 C.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

О. Д. Меирбекова

Модернизация Сборочного цеха Кентауского трансформаторного завода с современными отопительными установками

Международный казахско-турецкий университет
имени Ходжи Ахмеда Ясави,
Республика Казахстан, г. Туркестан.
Материал поступил в редакцию 11.12.20.

O. D. Meirbekova

Modernization of Assembly shop of Kentau transformer plant with modern heating installations

Khoja Ahmed Yasawi, International Kazakh-Turkish University.
Republic of Kazakhstan, Turkestan.
Material received on 11.12.20.

С чем развивается общество, тем более возрастает потребность в энергопотреблении. Развитие таких источников энергии, как солнечная, ветроэнергетика, становится главной потребностью сегодняшнего дня. Объект исследования - модернизация теплосетей сборочного цеха на Кентауском трансформаторном заводе с модернизированными тепловыми установками. Также при проектировании системы отопления завода разработан алгоритм теплового расчета приборов отопления с использованием современных теплосетей и тепловых систем. Разработана диагностическая измерительная система на основе Arduino. В результате этой работы нам необходимо использовать в быту Фотоэлектронные преобразователи, превращающие солнечную энергию в тепловую энергию, можно непосредственно подогревать солнечными лучами или получать тепловую энергию посредством переработки энергии с помощью фотоэлементов, или выполнять другие полезные работы. По результатам работы, проведенной на объекте

исследования, завод в будущем может модернизировать тепловую систему с помощью солнечной установки.

Ключевые слова: Солнечная энергия, система отопления, отопительные приборы, солнечные батареи, коллекторы, КТЗ, база Arduino, фотоэлектрические установки, ВЭУ, датчики.

The more society develops, the more the need for energy consumption increases. The development of such energy sources as solar and wind power is becoming the main need of today. The object of the study is the modernization of the heating systems of the Assembly shop at the Kentau transformer plant with modernized thermal installations. Also, when designing the heating system of the plant, an algorithm for thermal calculation of heating devices using modern heating networks and thermal systems was developed. A diagnostic measuring system based on Arduino has been developed. As a result of this work, we need to use in everyday life Photoelectronic converters that convert solar energy into thermal energy, can be directly heated by sunlight or receive thermal energy through the processing of energy with the help of solar cells, or perform other useful work. According to the results of the work carried out at the research facility, the plant in the future can upgrade the thermal system with the help of a solar installation.

Key words: Solar energy, heating system, heating devices, solar panels, collectors, KTZ, Arduino base, photovoltaic installations, WT, sensors.

ҒТАМР 44.29.39

https://doi.org/10.48081/QPSJ5278

А. Д. Мехтиев[1], В. В. Югай[2], А. Д. Алькина[3], Н. Б. Калиаскаров[4]

[1,2,3]Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.;

[4]М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан Университеті, Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.,

ҚАШЫҚТАҒЫ ТҰТЫНУШЫЛАР ҮШІН ЭНЕРГИЯ КӨЗІ РЕТІНДЕ ТӨМЕНГІ ТЕМПЕРАТУРАЛЫ СЫРТҚЫ ЖЫЛУ БЕРЕТІН ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ПАЙДАЛАНУ

Идея болып күн сәулесін электр энергиясына айналдыру үшін сыртқы жылу беретін қозғалтқышты пайдалану табылады, ал күн коллекторы жылу энергиясының көзі болып табылады. Зерттеудің мақсаты төмен температуралы Стирлинг қозғалтқышы негізінде алыстағы тұтынушылар үшін қыздырылған судың төмен потенциалдық жылуын механикалық энергияға түрлендіре алатын, кейіннен өнеркәсіптік жиіліктегі электр тогын тудыра алатын баламалы энергия көзін әзірлеу. Белгілі Стирлинг қозғалтқышының дәстүрлі құрылымнан айырмашылығы болып жұмыс поршенінің көлемінен 20 есе көп болатын ығыстырғыштың едәуір көлемі саналады, ол жылытқыш пен суытқыш арасындағы температуралардың аз ғана айырмашылығында жұмыс істеуге рұқсат етеді. Жылытқыштың жұмыс температурасы 90–100 ^{0}С, бұл көрсеткіш танымал Стирлинг қозғалтқышынан 7–9 есе аз. Стирлинг циклі бойынша жұмыс жасайтын сыртқы жылу беретін қозғалтқыштың негізінде күн сәулесін электрлік тоққа түрлендіретін механикалық түрлендіргіш құрастырылған. Мақалада Стирлинг циклі бойынша жұмыс істейтін сыртқы жылуды беретін төменгі температуралы қозғалтқыштың құрылымдық ерекшеліктерінің қысқаша сипаттамасы берілген және кейбір зерттеу мен компьютерлік модельдеу нәтижелері келтірілген. Компьютерлік модельдеудің барлық нәтижелері құрастырылып жатқан қозғалтқыштың жұмысына сай келеді және практикалық тұрғыдан дәлелденген.

Кілтті сөздер: Стирлинг қозғалтқышы, жылу энергиясы, баламалы энергия көзі, компьютерлік модельдеу.

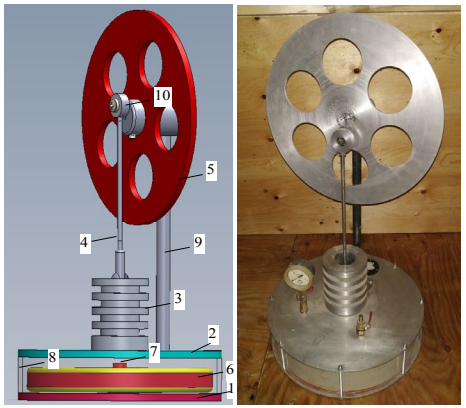
Кіріспе

Стирлинг қозғалтқышы 200 жылдан астам уақыттан бері белгілі, бірақ әлі күнге дейін ғалымдар мен инженерлер оның құрылымын жақсарту үшін жұмыс істеуде. Шетелдік Philips, STM Inc, Daimier Benz, Solo, United Stirling фирмаларының қатысуымен Стирлинг циклі бойынша жұмыс істейтін сыртқы жылу беру қозғалтқыштарының көптеген модификациялары жасалды [1, 2]. Philips компаниясы ерекше жетістіктерге қол жеткізді, ол сыртқы жылу қозғалтқышы негізінде ықшам электр генераторларын шығарды, ол Стирлинг циклі бойынша шамамен 40 % жұмыс істейді, бұл қазіргі заманғы ІЖҚ үшін әлі қол жетімді емес [3, 4].

Зерттеудің мақсаты

Төменгі температуралы Стирлинг қозғалтқышына негізделген алыс жерлердегі тұтынушылар үшін қыздырылған судың төменгі потенциалдық жылуын механикалық энергияға айналдырып, содан кейін өнеркәсіптік жиіліктегі электр тогын алу болып табылады. Күн радиациясын электр тогына айналдыру үшін Стирлинг қозғалтқышын пайдалану идеясы бұрын қарастырылған [5–8]. Сондай-ақ, Philips және Stirling Energy Systems фирмалары әзірлеген 30 %-дан жоғары ПӘК-і бар параболалық шағылыстырғышпен Стирлинг қозғалтқышына негізделген күн электр станцияларын құрудың оң тәжірибесі бар [8, 9].

Жұмыстың мақсатына жету үшін Стирлинг циклі бойынша жұмыс істейтін сыртқы жылу беретін қозғалтқыш негізінде күн сәулесінің механикалық түрлендіргіші жасалды. Белгілі құрылымдарды [4–7] зерттей отырып, белгілі Стирлинг қозғалтқышының (СҚ) өзіндік төменгі температуралы СЖБҚ құрылымдық шешімі және оның компьютерлік 3D моделі жасалды (1-сурет). 3D моделі құрылымның негізгі элементтерін құрастыруға және оны жасау үшін сызбалар дайындауға, сонымен қатар компьютерді қолдана отырып жобалауға қажетті кез-келген бөлімдер мен түрлерін орындауға мүмкіндік береді. Белгілі Стирлинг қозғалтқышының [4–7] дәстүрлі құрылымнан айырмашылығы болып, жұмыс поршенінің көлемінен 20 есе көп болатын ығыстырғыштың едәуір көлемі саналады, ол жылытқыш пен суытқыш арасындағы температуралардың аз ғана айырмашылығында жұмыс істеуге рұқсат етеді. Жылытқыштың жұмыс температурасы 90–100 ^{0}C, бұл көрсеткіш танымал Стирлинг қозғалтқышынан 7–9 есе аз [1]. Тәжірибелік үлгі «Жылу рекуперациясы бар когенерационды түрдегі микро жылу электрстанциясы» жоба (№ AP05131751) шеңберінде Қарағанды техникалық университетінде дайындалды және сыналды.



Сурет 1 – Төменгі температуралы СЖБҚ

Бұл СЖБҚ төменгі потенциалды жылуды механикалық энергияға айналдыру үшін жасалған, жоғарыда айтылғандай, оның айырмашылығы – сермермен механикалық байланыс үшін өзектің болмауы, бұл құрылымды едәуір жеңілдетеді және ығыстырушы өзектің тығыздағыштарындағы үйкеліс шығынын азайтады [4–7]. Шығару штогының сығылуын болдырмау СЖБҚ тығыздығын арттыруға мүмкіндік береді, жұмыс денесінің қысымының жоғарылауы қуатты едәуір арттырады, ал шток тығыздағыштарын алып тастау тұтастай алғанда СЖБҚ сенімділігі мәселесін ішінара шешеді. Шток тығыздағыштарының зақымдануы жұмыс денесінің ағып кетуіне және СЖБҚ қуатының төмендеуіне әкеледі. Атмосфералық қысымға арналған СЖБҚ жұмысы тиімсіз [4–7] және жылытқыштың диаметрі шамамен 400 мм болған кезде бірнеше ватт болады. Қозғалтқыштың осы түрінің бірлігіне айтарлықтай қуат көрсеткіштеріне 10-нан 20 МПа-ға дейінгі қысым кезінде қол жеткізіледі [4–7], сондай-ақ сутегі мен гелийді жұмыс денесі ретінде пайдалану, бірақ бұл жұмыс денесін СЖБҚ ішкі қуысында ұстауға байланысты бірқатар техникалық мәселелермен бірге жүреді. Сәйкесінше, сплитердің тығыздағыштарын алып тастау бұл мәселені ішінара шешуге мүмкіндік береді [9, 10]. СЖБҚ жылытқыштан (1) және салқындатқыштан (2) тұрады, олар жылу алмастырғыш болып табылатын дуралюминийден жасалған. Салқындатқышта тұрақты магниті бар жұмыс поршеньі қозғалатын жұмыс цилиндрі (3) бар. Жұмыс поршені графиттен жасалған, бұл поршеньнің жұмыс цилиндрінің қабырғасына үйкелуіне механикалық шығындарды азайтуға мүмкіндік берді. Поршень жұмыс цилиндрінің ішінде қозғалады және өзек (4) арқылы сермердің (5) айналуына әкеледі. Болашақта массивті сермерді серпімді элементпен ауыстыру және сызықты генераторды

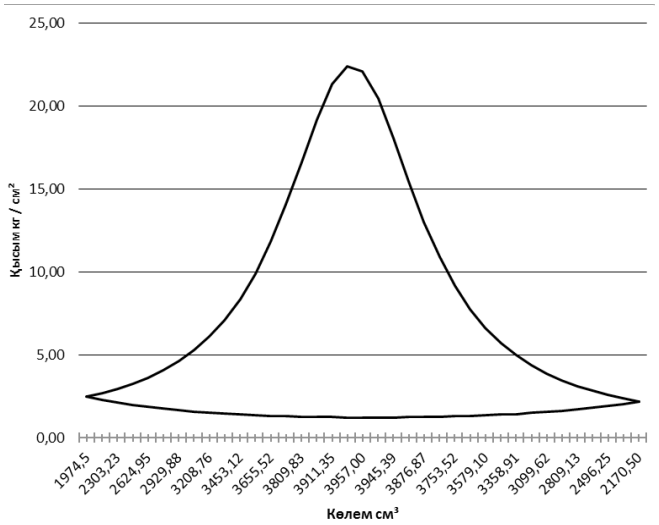
пайдалану идеясы бар, ол құрылымды едәуір жеңілдетеді және 1 кВА-ға дейін қуатта бұл мүмкіндік өте қолайлы болуы мүмкін. Жылытқыш (1) пен салқындатқыш (2) арасында полистирол көбігінен жасалған алмастырғыш (6) бар, неодим магниті (7) жоғарғы жағынан бекітіледі, жоғарыда айтылғандай, екінші магнит поршеньнің төменгі бөлігінде орналасқан.

Жылытқыш пен салқындатқыш шыны пластикті сақинасымен (8) бөлінген, сақинаның материалы жылытқыштың жоғары температурасы салқындатқышқа берілмеуі үшін төмен жылу өткізгіштікке ие болуы керек, бұл кейіннен СЖБҚ жұмысын болдырмау мүмкін. Поршень мен сплитердің жұмысын синхрондау үшін сермер (5) қолданылады, ол тірекпен (9) ұсталады, онда подшипниктері бар күпшек бар. Бекіту элементтері (10) шыбықтың осін бекіту үшін қолданылады.

Поршеньді тығыздау техникалық жағынан әлдеқайда оңай [4–7]. Белгілі СЖБҚ-дан [4–7] айырмашылығы поршеньде және ығыстырғышта орналасқан екі тұрақты магнитті қолдану болып табылады, олар жұмыс поршеньі цилиндрдің төменгі бөлігіне түскенде тартылады, осылайша ығыстырушы құралы жұмыс поршеніне тартылады. Поршень жұмыс цилиндрінің жоғарғы жағына көтерілгенде, магниттік байланыс үзіліп, ығыстырушы жылытқыштың [4–7] бетіне түседі. Ауа жұмыс денесі ретінде қолданылады. Жылытқыштың жұмыс диапазоны 50–150 ^{0}С аралығында, мысалы, геотермалдық сулардан немесе күн коллекторларына қыздырылған судан жұмыс істейді.

Зерттеу нысаны

Төмен температуралы СЖБҚ зертханалық үлгісі (1-сурет), оның негізі – Стирлинг қозғалтқышы толықтай [4–7] сипатталған. Жылытқыштың температурасы 90 ^{0}С-тан аспады, ал салқындатқыш 23–25 ^{0}С деңгейінде болды. Зертханалық үлгідегі сынақтар жүргізілген үй-жайдағы ауа температурасы 24 ^{0}С. Көлемі: 3769 см^3 ығыстырғыш; 196 см^3 жұмыс поршені. Регенератор қолданылмады [4–7], өйткені құрылымдық бөліктері қатты жеңілдетілген. Шыбынның максималды жылдамдығы 500 айн/мин дейін. 30 см^3 шегінде салқындатқыштың пайдасыз көлемі. 90^0 ығыстырғышқа арналған фазалық бұрыштың айырмасы. Ауа жұмыс денесі ретінде пайдаланылды. Іске қосар алдындағы максималды ішкі қысым Ро=0,49 МПа.



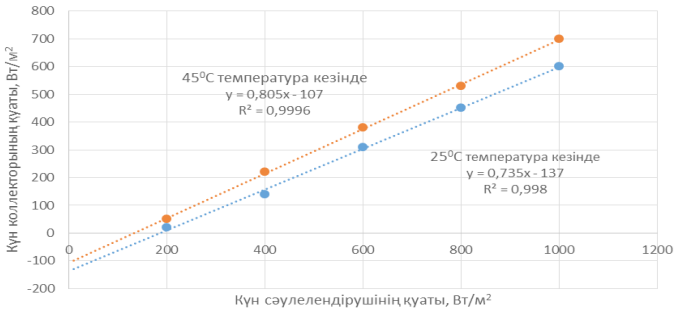
Сурет 2 – PV диаграмма

Көрсетілген параметрлері бар төмен температуралы СЖБҚ компьютерлік модельдеу нәтижелері 2-суретте келтірілген және жұмыс поршеньімен сығымдау кезінде жұмыс денесінің қысымы мен оның көлемінің өзгеруіне тәуелділік графигімен ұсынылған. Идеал жағдайларда СЖБҚ механикалық қуаттың максималды мәніне 200 Вт шегінде жұмыс денесінің максималды қысымы 2,2 МПа-ға жетуі мүмкін. Компьютерлік модельдеудің нәтижелерін қолдана отырып, жұмыс поршені мен ығыстырғыштың әртүрлі көлемімен ұсынылған дизайн қолайлы және классикалық Стирлинг қозғалтқышымен салыстырғанда жылытқыштың температурасында үлкен қуат бере алады деп айтуға болады [4–7], модельдеу нәтижесін талдағанда, жұмыс поршенінің көлемімен салыстырғанда ығыстырғыштың көлемін 40 есеге дейін арттыру СЖБҚ қуатын 1,6 есеге арттыратынын көрсетті.

Алынған PV диаграммасын талдай отырып және оны алдыңғы авторлардың [4–7] – де келтірілген белгілі зерттеу нәтижелерімен салыстыра отырып, ұсынылған DVPT дизайнында 20 %-ға дейін тиімділік болады деп айтуға болады, себебі оның интегралды ауданы Стирлинг циклінің PV диаграммасының идеалды ауданынан аз болады, сондай-ақ, нақты тиімділік жұмыс денесінің қысымының мөлшеріне, жылытқыш пен салқындатқыштың температурасының айырмашылығына және поршеньдік тығыздағыштардағы үйкеліс жоғалуына байланысты болады. Күн радиациясын электр тогына айналдыратын баламалы энергия көзі үшін ПӘК-і 10–20 % жеткілікті.

Зерттеу әдістері мен нәтижесі

Зерттеудің мақсаты төмен температуралы Стирлинг қозғалтқышы негізінде алыстағы тұтынушылар үшін қыздырылған судың төмен потенциалдық жылуын механикалық энергияға айналдыруға қабілетті баламалы энергия көзін әзірлеу болып табылатындықтан, СЖБҚ құрастыруда осы саладағы [8–10] елеулі әлемдік тәжірибе ескерілді, бірақ бағытталған айналар жүйесі бар күн концентраторын пайдаланудан бас тартуға тура келді, өйткені оның бірқатар кемшіліктері бар және ең алдымен оның айтарлықтай құны, сондай-ақ айналмалы бақылау жүйесінің қажеттілігі және тағы басқалар, бұл күн электр станциясын жаппай тұтынушы үшін, әсіресе ауылдық жерлерде қол жетімсіз болады. Сыртқы жылу берілетін қозғалтқыш негізіндегі күн сәулесін электр тогына механикалық түрлендіргіш конструкциясы бойынша қарапайым, пайдалануға сенімді және шетелдік аналогтармен салыстырғанда құны төмен болуы тиіс. Жылу көзі ретінде вакуумдық коллектор қолданылады, ол бағытталған айналар жүйесі бар концентраторға қарағанда құрылымы әлдеқайда жеңіл және айналмалы бақылау жүйесін қажет етпейді, сонымен қатар құны едәуір төмен. Күн сәулесінің механикалық түрлендіргіші негізіндегі автономды электр станциясы күн сәулесімен күндіз ғана емес, кешке және түнде де электр энергиясын өндіре алады. Ол үшін ыстық су қорын қалыптастыру үшін термоаккумуляторды, оқшауланған конденсаторын пайдалану қажет. Сонын арқасында 150–200 литр сыйымдылығы бар бір немесе екі тұрмыстық электр су жылытқышын қолдануға болады, бұл кішігірім ауылдық үй үшін жеткілікті. Бұл жүйе тұрғын үй-жайларды ыстық сумен және жылумен қамтамасыз ете алады. Жылыту жүйесі аралас болуы мүмкін, мысалы, қатты отын немесе газ қазандығы мен күн коллекторы жұпта жұмыс істеген кезде. Сонымен қатар, күн коллекторы қосымша жылу көзі болып табылады және отынды үнемдеу үшін қажет, өйткені қыста күн энергиясы жеткіліксіз болады.

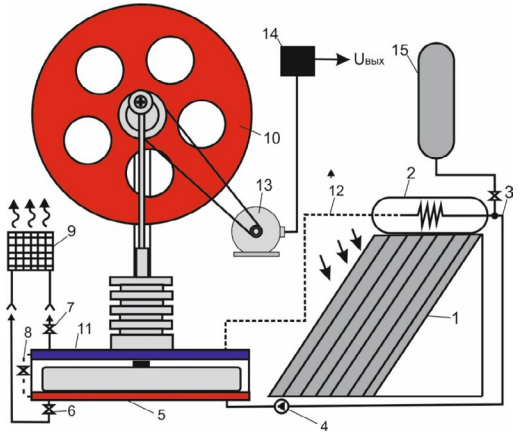


Сурет 3 – Күн сәулесінің әртүрлі қуатында, ауа температурасы 25 және 45 ^{0}С кезінде күн коллекторы дамытатын қуаттың тәуелділігі

ҚарТУ-да күн модульдері мен коллекторлардың Орталық Қазақстанда орналасқан, шұғыл континенталды қоңыржай климаты бар Қарағанды қаласының климаттық жағдайларына бейімделу деңгейі мен техникалық параметрлерін зерттеу бойынша алаң ұйымдастырылды, географиялық жағдайы: 49°48’ с. е. 73°07’ ш. б. Күн күнінің ұзақтығы жылына шамамен 2300 сағатты құрайды, ал Күн энергиясының сәулеленуі орташа есеппен жылына 1200 кВт/м^2, ал орташа қуаты 120 Вт / м^2 құрайды. 15 вакуумдық түтіктерден тұратын, мыс жылу түтіктері бар (конденсатор диаметрі 14 мм), сіңіретін ауданы 2,35 м^2 болатын күн коллекторына жүргізілген зерттеулер. Оның жұмысының ПӘК-і 70–80 % аралығында, күн белсенділігіне, ауа температурасына және жыл мезгіліне байланысты, сонымен қатар жоғары тиімділікті мәлімдейтін кейбір өндірушілерде айырмашылықтар бар. Зерттеу нәтижелері 3-суретте келтірілген, олар қазіргі заманғы күн коллекторлары орташа көрсеткіш кезінде күн сәулесінің қуаты 1000 Вт/м^2, 700 Вт/м^2-ден астам күн коллекторының жылу қуатын өндіруге қабілетті екенін көрсетті, сәйкесінше егер СЖБҚ-да ПӘК 20 % тең болса, онда синхронды генератордың электр қуатын 0,1 кВт·ч сағ шегінде алуға болады.

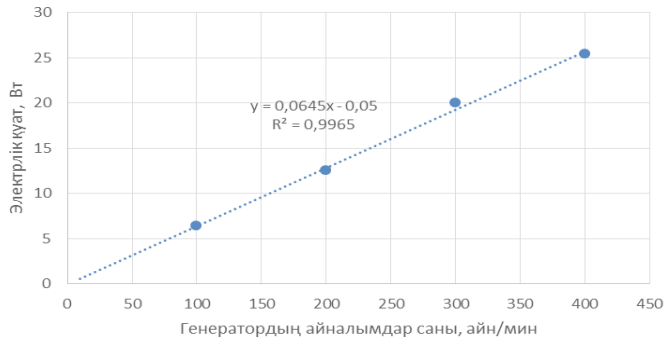
Сұраныс коэффициенті мен тұрмыстық электр аспаптарының шамалы қуатын ескере отырып, белгілі бір дәрежеде ауыл тұтынушысының болмашы қажеттіліктерін қамтамасыз етуге болады.

Барлық өндірілген энергия сыйымдылығы 100–300 а·сағ болатын автомобиль аккумуляторларынан тұратын жинақтағыш буферінде жинақталуы мүмкін, ал қыста қозғалтқышты тиімді іске қоса алмайтын дизельді жүк автомобильдерінің жарамсыз бастапқы батареяларын пайдалануға болады [8–10].



Сурет 4 – Төмен температуралы СЖБҚ негізінде қашықтағы тұтынушылар үшін баламалы энергия көзі

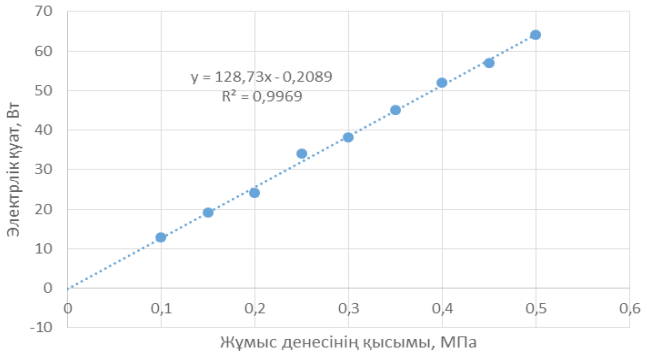
СЖБҚ электр генераторының жетегі ретінде, автономды тұтынушыларды энергиямен қамтамасыз ету үшін пайдаланылуы мүмкін. Құрастырылған СЖБҚ төмен потенциалды ыстық су энергиясын механикалық, содан кейін электр энергиясына айналдыра алады. Төменгі температуралы СЖБҚ негізінде алыс қашықтықта орналасқан тұтынушылар үшін баламалы энергия көзінің оңайлатылған құрылымдық схемасы 4-суретте көрсетілген. Жылу энергиясының көзі ретінде күн коллекторы (1) қолданылады жылу беретін құбыр (2) арқылы қыздырылған қатып қалмайтын жұмыс сұйықтығы жылытқыштың жылу алмастырғышына (4) түседі, онда ол төмен температуралы механикалық түрлендіргіш (3) немесе СЖБҚ жұмыс денесіне жылу береді. Жұмыс денесі кеңейіп, поршеньді жұмыс цилиндрінде қозғалуға мәжбүр етеді, иінді механизм арқылы аудармалы қозғалыс сермердің айналмалы қозғалысына айналады. СЖБҚ-ның барлық құрылымдық бөліктері төменде толық қарастырылған. Жұмыс сұйықтығы салқындату жүйесінің (5) жылу алмастырғышына түседі, ол жерден ыстық сумен жабдықтау және жылыту үшін жылу энергиясын алуға болады, салқындату жүйесінің тиімділігі электр энергиясын өндіру циклінің жалпы тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді. Салқындату жұмыс сұйықтығы салқындатқыштың (6) жылу алмастырғышына түседі, онда ол жұмыс денесін салқындатады. Әрі қарай, оны қыздыру үшін кері құбыр (7) арқылы күн коллекторының кірісіне түседі. Синхронды генератордың (9) роторын айналдыру үшін үйкеліс механикалық байланысы (10) бар. Сұйықтық айналымы сорғымен (8) қамтамасыз етіледі. Өндірілген электр энергиясы айнымалы және тұрақты ток тұтынушылары (11) қосыла алатын тарату құрылғысына түседі. Токтың түрі бойынша бөлу тұрақты ток кернеуі 12 В және айнымалы ток 220 В болатын гибридті электрмен жабдықтау жүйесін құруға мүмкіндік береді. Көрсеткілер $Q_{қос}$ жылу аккумуляторы мен $U_{шығ}$ электр жүктемесінің қосылу орындарын көрсетеді.



Сурет 5 – Генератордың өндірілетін қуатының ең аз қысымы 0,1 МПа болатын оның айналу санына тәуелділігінің графигі

Сондай-ақ, тұрақты ток электр генераторының шығыс қуатын өлшеу жүргізілді, 5 және 6-суретте генератор шығаратын қуаттың оның айналу санына және цилиндрдегі жұмыс денесінің қысымына тәуелділігінің графиктері келтірілген. Қыздырғыштың температурасы жоғарылаған кезде және салқындатқыштың температурасы төмендеген кезде генератор шығаратын қуаттың жоғарылауының тәуелділігін атап өтуге болады, сәйкесінше СЖБҚ жақсы салқындатуды және салқындату жүйесінде жылуды алуды қамтамасыз ету қажет. Есептеулер көрсеткендей, СЖБҚ үшін ішкі жану қозғалтқышымен бірдей қуатта салқындату радиаторы ауданы бойынша 4–5 есе үлкен болуы керек, өйткені жылытқыш пен салқындатқыш арасындағы температура айырмашылығы ПӘК-ке айтарлықтай әсер етеді. Өндірілген электр энергиясының бір ватт үшін СЖБҚ 5 ватт жылу бере алады.

СЖБҚ ПӘК-і [8–10] көрсетілген бірнеше маңызды параметрлерге байланысты, біз жылытқыш пен тоңазытқыштың температурасына сәйкес тиімділікті есептедік, бірақ оның жұмыс денесінің қысымына тәуелділігі байқалады. Жұмыс денесі ретінде ауа пайдаланылады, ол ең тиімсіз жұмыс денесі болып саналады [4–7]. СЖБҚ ПӘК-ін арттыру үшін одан әрі жұмыста гелий немесе қанықкан су буымен ауа қоспасын қолдану қажет, бұл құрғақ қанықкан будың келесі есептік көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді, T = 150 ^{0}C кезінде жұмыс денесінің бастапқы қысымы P=0,5 МПа болады, сәйкесінше СЖБҚ қуаты бірнеше есе артады.



Сурет 6 – Генератордың өндірілетін қуатының жұмыс денесінің қысымына тәуелділік графигі

Қорытынды

Күн радиациясын электр энергиясына айналдыру үшін сыртқы жылу беру қозғалтқышын болашақта пайдалану тиімділігі жоғары.

Ауаны жұмыс денесі ретінде пайдалану негізсіз, өйткені оны пайдалану кезінде өндірілген қуаттың бірлігіне арналған СЖБҚ мөлшері ішкі жану қозғалтқыштарына қарағанда үлкен болады.

Төменгі температуралы СЖБҚ үшін міндетті шарт-бұл ығыстырғыш пен жұмыс поршенінің көлеміндегі айырмашылық, жылытқыштың температурасы үшін 90 ^{0}C ішінде ығыстырғыш көлемі бойынша 20-дан 40 есе көп болуы керек.

ПӘК жылытқыш пен салқындатқыш пен жұмыс денесінің қысымы арасындағы температура айырмашылығына әсер етеді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 [Электронный ресурс]. – www.Energysafe.ru.

2 [Электронный ресурс]. – http://chisty-gorod.ru.

3 [Электронный ресурс]. – http://www.kazenergy.com.

4 [Электронный ресурс]. – https://ru.wikipedia.org/wiki.

5 **Ридер, Г.** Двигатели Стирлинга (пер. с англ./Г.Т.Ридер, Ч.Хупер) – М.; Мир, 1986. – С. 464.

6 **Жаукешов, А. М.** К выбору компонентов солнечной электростанции с двигателем Стирлинга // Вестник КазНУ. Серия физическая. – Алматы : КазНУ, 2014. Т. 51. № 4. – С. 85–89.

7 **Langlois, Justin L. R.** Dynamic computer model of a Stirling space nuclear power system // dent Scholar project report no. 345. – Annapolis : US Naval Academy, 2006. – P .348.

8 **Юрченко, А. В., Мехтиев, А. Д. Алькина, А. Д.** Пути повышения эффективности солнечных электростанций // Монография, Караганда: КарГТУ, 2017. – С. 181.

9 **Мехтиев, А. Д., Югай, В. В, Алькина, А. Д.** Многотопливные микротепловые электростанции для автономных систем энергосбережения // Монография, Караганда: КарГТУ, 2019. – С. 159.

10 **Wang, K., Sun, D., Zhang, J., et al.** An acoustically matched traveling-wave thermoacoustic generator achieving 750 W electric power // Energy. 2016, N103. – P. 313–321.

References

1 [Electronic resource]. – www.Energysafe.ru.

2 [Electronic resource]. – http://chisty-gorod.ru.

3 [Electronic resource]. – http://www.kazenergy.com.

4 [Electronic resource]. – https://ru.wikipedia.org/wiki.

5 **Rider, G.** Dvigateli Stirlinga (per. s angl./G.T.Rider, Ch.Khuper). [Stirling Engines (translated from English / G. T. Reeder, C. Hooper)] – M.; Mir, 1986. – 464 p.

6 **Zhaukeshov, A. M.** K vyboru komponentov solnechnoy elektrostantsii s dvigatelem Stirlinga [To the selection of components for a solar power plant with a Stirling engine] // Vestnik KazNU. Physical series. – Almaty : KazNU, 2014. T. 51. №4. – P. 85–89.

7 **Langlois, Justin L. R.** Dynamic computer model of a Stirling space nuclear power system // dent Scholar project report no. 345.–Annapolis: US Naval Academy, 2006. – 348 p.

8 **Yurchenko, A. V., Mekhtiev, A. D. Al'kina, A. D.** Puti povysheniya effektivnosti solnechnykh elektrostantsiy [Ways to improve the efficiency of solar power plants] // Monograph, Karaganda: KarGTU, 2017. – 181 p.

9 **Mekhtiev, A. D., Yugay, V. V, Al'kina, A. D.** Mnogotoplivnye mikroteplovye elektrostantsii dlya avtonomnykh sistem energosberezheniya [Multi-fuel micro-thermal power plants for autonomous energy saving systems] // Monograph, Karaganda: KarGTU,, 2019. – 159 p.

10 **Wang, K., Sun, D., Zhang, J., et al.** An acoustically matched traveling-wave thermoacoustic generator achieving 750 W electric power // Energy. 2016, N103. – P. 313–321.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

А. Д. Мехтиев[1], В. В. Югай[2], А. Д. Алькина[3], Н. Б. Калиаскаров[4]

Использование низкотемпературного двигателя с внешним подводом теплоты как источника энергии для удаленных потребителей

[1,2,3]Карагандинский технический университет,
Республика Казахстан, г. Караганда.
[4]Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева,
Республика Казахстан, г. Петропавловск.
Материал поступил в редакцию 11.12.20.

A. D. Mehtiev[1], V. V. Yugay [2], A. D. Alkina[3], N. B. Kaliaskarov[4]

Use of a low temperature engine with external heat supply as a source of energy for remote consumers

[1,2,3]Karaganda Technical University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda;
[4]M. Kozybayev North Kazakhstan University,
Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk;
Material received on 11.12.20.

Идея заключается в использовании двигателя с внешним подводом теплоты для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию, при это источником тепловой энергии служит солнечный коллектор. Целью исследований является разработка альтернативный источник энергии для удаленных потребителей на основе низкотемпературного двигателя Стирлинга способного преобразовывать низкопотенциальное тепло нагретой воды в механическую энергию с последующей генерации электрического тока промышленной частоты. Отличием от классической конструкции известного двигателя Стирлинга представленный ДВПТ имеет значительный объем вытеснителя, который более чем в 20 раз больше чем объем рабочего поршня, это позволяет ему работать на меньшей разнице температуры между нагревателем и охладителем. Рабочая температура нагревателя составляет 90–100 ^{0}C, что в 7–9 раз меньше по сравнению известным двигателем Стирлинга. Разработан механический преобразователь солнечной излучения в электрический ток на основе двигателя с внешним подводом теплоты работающего по циклу Стирлинга. В статье дано краткое описание конструктивных особенностей низкотемпературного двигателя с внешним подводом теплоты работающего по циклу Стирлинга, а также приведены некоторые результаты исследований и компьютерного моделирования.

Ключевые слова: двигатель Стирлинга, тепловая энергия, альтернативный источник энергии, компьютерное моделирование.

The idea is to use a motor with an external heat supply to convert solar radiation into electrical energy, while the source of heat energy is a solar collector. The aim of the research is to develop an alternative energy source for remote consumers based on a low-temperature Stirling engine capable of converting low-potential heat of heated water into mechanical energy with subsequent generation of an electric current of industrial frequency. Unlike the classic design of the famous Stirling engine, the presented DVPT has a significant displacement volume, which is more than 20 times greater than the volume of the working piston, this allows it to work at a smaller temperature difference between the heater and the cooler. The operating temperature of the heater is 90–100 ^{0}C, which is 7–9 times less than the Stirling engine. The article provides a brief description of the design features of a low-temperature engine with external heat supply running on the Stirling cycle, as well as some results of research and computer modeling.

Keywords: Stirling engine, thermal energy, alternative energy source, computer modeling.

МРНТИ 20.53.17

https://doi.org/10.48081/RLIU3361

С. П. Моисеева
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Российская Федерация, г. Томск

ПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С УЧЕТОМ МЕЖДИАПАЗОННОЙ КОРРЕЛЯЦИИ С ПОТЕРЯМИ И БЕЗ ПОТЕРЬ

В настоящей статье проводится исследование подготовительной обработки алгоритмов сжатия гиперспектральных аэрокосмических изображений с учетом междиапазонной корреляции с потерями и без потерь. Полученные результаты сравнения преобразованных гиперспектральных АИ с JPEG 2000 Lossless с помощью полученных вейвлет-коэффициентов позволяют предположить эффективность применения подготовительных этапов.

Ключевые слова: гиперспектральные изображения, предварительные преобразования, степень сжатия, алгоритмы, корреляция.

Введение

Современные спутниковые центры космического мониторинга и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяют оперативно принимать, регистрировать, обрабатывать, архивировать и распространять большие объемы данных, составляющие порой сотни гигабайт. Передаваемые данные накапливаются на наземных станциях, занимая при этом огромное дисковое пространство, требующее в свою очередь затраты на их хранение. Известно, что аэрокосмические изображения (АИ) характеризуются следующими характеристиками – спектральным, радиометрическим, пространственным разрешениями, геометрическими размерами сцены, отличающиеся различным числом каналов и диапазонов. В гиперспектральных АИ для каждого пикселя в изображении, гиперспектральная камера принимает интенсивность света для большого числа (обычно несколько десятков до нескольких сотен) смежных спектральных диапазонов. Каждый пиксель в изображении, таким образом,

содержит непрерывный спектр и может быть использован для характеристики объектов в сцене с большой точностью и детализацией [1, 2, 3]. Следовательно, гиперспектральные АИ приводят к значительно улучшенной способности классифицировать объекты в сцене на основе их спектральных свойств. В связи с богатым содержанием информации в гиперспектральных АИ, они однозначно хорошо подходят для автоматизированной обработки изображений ДЗЗ. В последнее время большинство исследователей при решении задач ДЗЗ особое внимание уделяют гиперспектральным АИ.

Гиперспектральные АИ, характеризующиеся различным числом каналов, спектральным диапазоном и радиометрическим разрешением, передаются с космических аппаратов (КА) на наземные станции, требующие архивирования в подсистемах хранения данных ДЗЗ ограниченной емкости по каналам связи ограниченной пропускной способности [4]. В связи с этим, одной из важных задач является архивирование гиперспектральных АИ. В основе таких систем архивирования лежат различного рода форматы, методы и алгоритмы сжатия. Проблемы связанные с разработкой современных систем сжатия для архивирования гиперспектральных АИ, можно разделить на два основных направления:

1) разработка высокопроизводительных методов и алгоритмов сжатия гиперспектральных АИ на борту КА с целью уменьшения вычислительных ресурсов для их архивации;

2) разработка эффективных методов и алгоритмов сжатия гиперспектральных АИ в центрах аэрокосмического мониторинга и обработки таких изображений с высокими показателями архивации.

К первому направлению относится создание систем архивации на борту КА, разработка которых является достаточно трудоемкой и сложной задачей. Уровень сложности такой задачи определяется в том, что вычислительные процессы архивации приводят к увеличению временной разрешающей способности.

Второе направление предполагает разработку и использование наиболее эффективных подходов к методам и алгоритмам сжатия гиперспектральных АИ. При этом возникает ситуация, когда необходимо исследовать проблемы задачи сжатия гиперспектральных АИ, на наличие известных решений для её решения.

Материалы и методы

Для исследования вышеописанной проблемы представим наиболее известные системы сжатия гиперспектральных АИ. В настоящее время существует программное обеспечение, предназначенное для сжатия гиперспектральных АИ. К ним относятся ERDAS Imagine, ERDASER Mapper, ArcView GIS, GeoExpress, которое все чаще наделяют специализированными модулями для сжатия АИ. Так, пакет ERDAS Imagine, а также ArcView GIS

имеют инструменты сжатия изображений в формате MrSID (IMAGINE MrSID Desktop Encoder и IMAGINE MrSID Workstation Encoder). Их суть, в том, что при создании изображения MrSID использует дискретное вейвлет-преобразование без потерь и с потерями. Система ERDASER Mapper имеет модули сжатия с потерями данных на основе стандартов JPEG2000 и Enhanced Compression Wavelet (ECW) [5–9]. Программный продукт GeoExpress использует JPEG2000 и формат MrSID.

Вышеперечисленные программные системы всё чаще включают в себя алгоритмы и методы сжатия гиперспектральных АИ на основе известных стандартов и форматов.

По результатам анализа имеющихся специализированных систем для сжатия гиперспектральных АИ показано что, многие системы используют небольшой спектр форматов сжатия с потерями и без потерь JPEG 2000, MrSID и ECV. Помимо специализированных систем для сжатия исследованы частные реализации, которые ведутся по обработке гиперспектральных АИ данные работы отражены в [10–15].

В данных работах проводились исследования проблем и перспектив сжатия гиперспектральных данных с потерями и без потерь. Большинство подходов основано на вейвлетах с потерями и без потерь. Среди разработок сжатием без потерь занимается меньшее число исследователей.

На основе вышеизложенных подходов к алгоритмам и методам сжатия гиперспектральных АИ можно сделать вывод, что наиболее широко использованными способами решения задачи сжатия могут являться:

– учет спектральной корреляции, что дает определенные преимущества на основе рассчитанной корелляционной матрицы;

– адаптивное вейвлет преобразование;

– метрики для оценки критериев качества восстановленных изображений PSNR, MSE, PMSE и др.

Результаты исследования

Проведены экспериментальные исследования подготовительной обработки данных для сжатия гиперспектральных АИ на основе разработанных алгоритмов по характеристикам степени сжатия без потерь и с потерями.

IПодготовительная обработка для сжатия гиперспектральных АИ без потерь. Рассмотрим подготовительную обработку адаптированного алгоритма данных перед сжатием гиперспектральных АИ без потерь с учетом междиапазонной корреляции. Алгоритм предлагается реализовать в три этапа:

1 Преобразование структуры данных на основе исходного гиперспектрального АИ, хранящей значения вейвлет-коэффициентов, на примере одномерного вейвлета Хаара и учет междиапазонной корреляции

между каналами изображений путем её подсчета (формирования массивов отклонений (разностей) исходных данных от значений найденной функциональной зависимости).

2 Адаптированная обработка преобразованных массивов данных с учетом поблочного формирования гиперспектральных АИ.

3 Сжатие одним из энтропийных алгоритмов.

II Подготовительная обработка для сжатия гиперспектральных АИ с потерями. Рассмотрим подготовительную обработку, основанной на вейвлет преобразованиях с учетом междиапазонной корреляции перед сжатием гиперспектральных АИ без потерь.

Возможные следующие этапы подготовительных обработок гиперспектральных АИ на основе предлагаемых этапов:

1 Учет междиапазонной корреляции между каналами АИ.

2 Преобразование структуры данных на основе исходного гиперспектрального АИ, хранящей значения вейвлет-коэффициентов, на примере одномерного и двумерного вейвлета Хаара [16].

3 Преобразование структуры данных на основе исходного гиперспектрального АИ, хранящей значения вейвлет-коэффициентов, на примере одномерного вейвлета Добеши [17].

4 Преобразование на основе этапов 1–3 путем заданного шага квантования вейвлет-коэффициентов.

5 Использование стандартных метрик для оценки критериев качества восстановленных изображений PSNR, MSE, PMSE и др.

6 Сжатие одним из стандратных энтропийных алгоритмов.

Для определения эффективности предлагаемого алгоритма с точки зрения степени сжатия, а также пределов его применимости проведен ряд экспериментов на гиперспектральных АИ. Выполнено сравнение предложенного алгоритма с результатами экспериментов, полученных для универсальных алгоритмов сжатия архиваторов и компрессора Lossles JPEG 2000, широко применяемого в коммерческих системах обработки данных ДЗЗ. Эксперименты степени сжатия в сравнении с известными архиваторами и JPEG 2000 представлены на графике по степени сжатия без потерь, рис. 1. Подготовительная обработка и алгоритмы сжатия I

Как видно из рис.1, показатели степени алгоритма сжатия I превосходят в степени сжатия архиваторы WinRar, WinZip и Losless JPEG более чем на 80%.

Показатели степеней сжатия двумерного и одномерного вейвлета преобразования Хаара, Добеши и JPEG 2000 Lossy представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, показатели степеней сжатия преобразование одномерного и двумерного вейвлета Хаара с потерями превосходят в степени сжатия вейвлет Добеши и компрессора Lossless JPEG 2000.

Рисунок 1 – Сравнение алгоритмов сжатия без потерь по степени сжатия

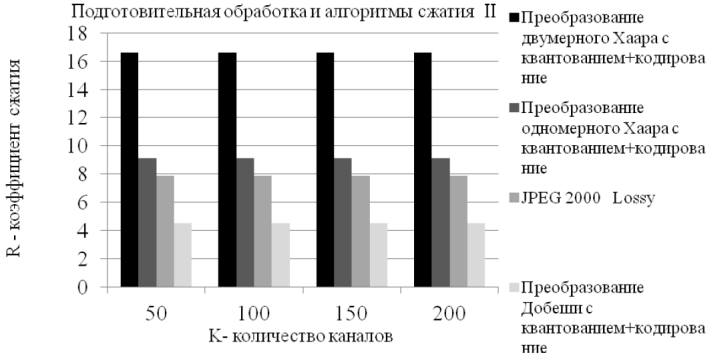


Рисунок 2 – Показатели степеней сжатия алгоритмов с потерями

Выводы

На основе проведенных исследований следует сделать следующие выводы: подготовительная обработка без потерь с учетом междиапазонной корреляции и предложенного алгоритма позволяет повысить степень сжатия до (R=9), чем в предложенных алгоритмах [11–13, 15]; предлагаемый подход с потерями определяется в адаптивных преобразованиях, основанных на вейвлет преобразованиях Хаара и Добеши путём применения заданного шага квантования и последующего арифметического кодирования; полученные результаты сравнения преобразованных гиперспектральных АИ с JPEG 2000 Lossless с помощью полученных вейвлет-коэффициентов позволяют предположить эффективность применения подготовительных этапов.

Список использованных источников

1 [Электронный ресурс]. – // URL: http://www.en.wikipedia.org/wiki/Panchromatic_film.html (дата обращения: 15.02.2015).

2 [Электронный ресурс]. – // URL: http:/ /www. en.wikipedia.org/wiki/Multispectral_ image (дата обращения: 16.02.2015).

3 [Электронный ресурс]. – // URL: http:/ /www. www.hyspex.no/hyperspectral_ imaging/(дата обращения: 16.02.2015).

4 [Электронный ресурс]. – // URL: http:/ /www. aviris.jpl.nasa.gov/aviris/data_facility. html (дата обращения: 16.02.2015).

5 [Электронный ресурс]. – // URL: http:/ /www.gisa.ru/1489.html (дата обращения: 02.03.2015).

6 [Электронный ресурс]. – // URL: http:/ /www. wikipedia.org/wiki/MrSID (дата обращения: 03.03.2015)

7 [Электронный ресурс]. – // URL: http:/ /www. wikipedia.org/wiki/MrSID (дата обращения: 10.03.2015)

8 [Электронный ресурс]. – // URL: http:/ /www. jpeg.org/jpeg2000/ (дата обращения: 01.03.2015)

9 [Электронный ресурс]. – // URL: http:/ /www. wikipedia.org/wiki/Enhanced_ Compression_Wavelet (дата обращения: 01.03.2015)

10 **Mohand, O., Akrour, L. and etc.** Aviris Hyperspectral Images Compression Using 3d Spiht Algorithm // Journal of Engineering (IOSRJEN) e-ISSN: 2250-3021, p-ISSN: 2278-8719. – 2012. – Vol. 2, Issue 10, – P. 31 – 36.

11 **Cheng-chen, L., Yin-Tsung, H.** Lossless Compression of Hyperspectral Images Using Adaptive Prediction and Backward Search Schemes // Journal of information science and engineering. – 2011. – No. 27. P. 419 – 435.

12 **Emmanuel, C.** Hyperspectral Data Compression Tradeoff. Augmented Vision and Reality, 3, DOI: 10.1007/978-3-642-14212-3_2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. –2011. – 22 p.

13 CCSDS Secretariat. Lossless multispectral & hyperspectral image compression. CCSDS Recommended standard for lossless multispectral & hyperspectral image compression. Recommended Standard, Space Communications and Navigation Office, 7L70. NASA Headquarters. Washington, DC 20546-0001, USA. – 2012. – 52 p.

14 **Sindhuja, N. M., Arumugam, A.** SPIHT based compression of hyper spectral images // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. – 2013. – Vol. 2, Issue 10, – P. 4933 – 4938.

15 **Yuan, L., Jianping, L and Ke G.** Lossless compression of hyperspectral images using hybrid context prediction // OPTICS EXPRESS. – 2012. – Vol. 20, – No. 7, – P. 8199 – 8206.

16 **Richard, W., Hamming, N.** Haar Wavelets // CRC Press LLC. – 1999. – 28 p.

17 **Daubechies, I.** Lectures on Wavelets // SIAM. – 1992. – 343 p.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

С. П. Моисеева

Гиперспектралық аэростаныстық кесіпкерлерге сыққыш алгоритмдерін дайындау өндірісі жоғалыстар мен шығындары жоқ

Томбы мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті,
Ресей Федерациясы, Томбы қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

S. P. Moiseeva

Preparatory processing of compression algorithms for hyperspectral aerospace images taking into account interband correlation with losses and without losses

National Research Tomsk State University,
Tomsk, Russian Federation.

Material received on 11.12.20.

Бұл мақалада біз шығындармен және жоғалтпау арасындағы корреляцияны ескере отырып, гиперпектрлік аэрогарыштық кескіндерді қысу алгоритмдерін дайындықпен өңдеуді зерттейміз. Алынған вейвлет коэффициенттерін қолдана отырып, конверсияланған гиперпектрлік АІ мен JPEG 2000 Lossless салыстырудың алынған нәтижелері дайындық кезеңдерін қолданудың тиімділігін көрсетеді.

Кілтті сөздер: гиперпектрлік кескіндер, алдын-ала түрлендірулер, сығымдау коэффициенті, алгоритмдер, корреляция.

In this article, we study the preparatory processing of compression algorithms for hyperspectral aerospace images, taking into account the interband correlation with losses and without losses. The obtained results of comparing the transformed hyperspectral AI with JPEG 2000 Lossless using the obtained wavelet coefficients suggest the effectiveness of the use of the preparatory stages.

Keywords: hyperspectral images, preliminary transformations, compression ratio, algorithms, correlation.

МРНТИ 61.53.17

https://doi.org/10.48081/TGAU7998

Р. М. Несмеянова, М. Р. Криштафович,
С. Р. Масакбаева, С. Ю. Ковтарева
Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ТОПЛИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНОГО КОКСА

В статье рассматривается способ получения прокалённого нефтяного кокса из тяжёлых нефтяных остатков методами замедленного коксования и прокалки нефтяного кокса, а также проводится обзор получения водяного пара и электрической энергии как вторичного продукта процессов замедленного коксования и прокалки нефтяного кокса.

Показаны принцип работы и строение котла-утилизатора и паротурбинной установки, схемы процессов замедленного коксования и прокалки нефтяного кокса, описано получение перегретого пара в процессе коксования и схема выработки электрической энергии при прокалке.

Получение водяного пара и электрической энергии в процессе производства нефтяного кокса и его прокаливания является эффективным с экономической, экологической, технической точек зрения методом производства энергоресурсов и способствует углублению нефтепереработки и повышению экологичности производства.

Ключевые слова: электроэнергетика, электроэнергия, нефть, кокс, коксование, прокалка, котел-утилизатор.

Введение

Эффективное развитие Казахстана в современных условиях развития страны характеризуется целенаправленным управлением наиболее прогрессивных отраслей экономики, одной из них является электроэнергетика [1].

Казахстан по его природному потенциалу входит в число тех немногих стран мира, которые способны полностью обеспечить не только себя

первичными энергетическими ресурсами как в настоящее время, так и на перспективу, но и экспортировать их в значительных объемах [1].

Основными источниками энергии традиционно считаются: тепловая, атомная и энергия потока воды.

К нетрадиционной энергетике принято относить установки и устройства, использующие энергию ветра, солнца, биомассы, геотермальную энергию, а также тепловые насосы, использующие низкопотенциальное тепло, малую гидроэнергетику и многое другое.

Одним из основных и наиболее распространенных источников электроэнергии является тепловая. Для ее получения используют тепловые электростанции (ТЭС).

На предприятиях, имеющих потребность круглый год в тепловой энергии организация оптимальной схемы энерго- и ресурсосбережения является актуальной и особо важной. Для решения этих задач используются мини-ТЭЦ, где наряду с электроэнергией потребитель использует, т. е. утилизирует и тепловую энергию, повышая тем самым общий КПД установок [2].

Материалы и методы

Методы получения водяного пара и электрической энергии на установках замедленного коксования и прокалки нефтяного кокса являются экономически и технически эффективными.

Одной из активно развивающихся альтернатив может быть получение электрической энергии в качестве вторичного продукта в ходе процесса обработки тяжёлых нефтяных остатков, в частности – получение электрической энергии на установке прокалки нефтяного кокса.

Результаты и обсуждение

Принцип работы ТЭС основан на преобразовании тепловой энергии в механическую, а затем – в электрическую. В топке котельного агрегата сжигают топливо, чтобы привести в движение первичный двигатель, который, в свою очередь, заведет электрогенератор. Так, в самых распространенных в мире паротурбинных ТЭС, сжигая топливо, получают водяной пар высокого давления [3]. Как правило, топливом, используемым на ТЭС, является мазут, либо другие нефтепродукты.

Использование мазута в качестве топлива для электростанций постепенно сокращается. Это во многом связано с модернизацией нефтеперерабатывающих заводов, увеличивающих выработку легких нефтепродуктов, соответственно, уменьшая выход тяжелых и в перспективе – с использованием нефти преимущественно в качестве ценнейшего сырья для химической промышленности [3].

В качестве топлива, при сжигании которого на ТЭЦ вырабатывается электроэнергия, применяется нефтяной кокс [4]; также он широко

используется в цементном производстве, черной металлургии и в качестве сырья при производстве анодов и электродов. Использование нефтяного кокса отображено на рисунке 1 [4].

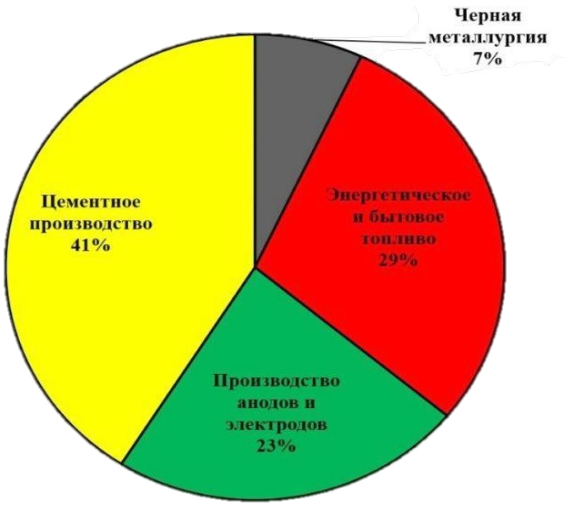


Рисунок 1 – Использование нефтяного кокса

Нефтяной кокс получают из тяжелых нефтяных остатков методом замедленного коксования.

Установки замедленного коксования состоят из одной или нескольких попарных групп камер, в которых одна группа задействована на стадии получения кокса, а другая – на выгрузке или в промежуточном состоянии. Процесс разложения исходного материала начинается в трубчатой печи, где он разогревается до 470–510 °С. После этого сырье поступает в необогреваемые камеры, где происходит его глубокое коксование за счет тепла, пришедшего вместе с ним.

Газообразные и жидкие углеводороды отводятся на фракционное разделение в ректификационную колонну. Кокс поступает в отделение по механической обработке, где производится его выгрузка, сортирование и транспортировка. В слое готового продукта бурят скважину, а в нее помещают гидравлический резак. Его сопла работают под давлением до 20 МПа. Куски разделенного кокса падают на дренажную площадку, где происходит слив воды. Затем продукт дробят на более мелкие части и разделяют на фракции. Далее кокс перемещается на склад [5]. Принципиально технологическая схема процесса замедленного коксования показана на рисунке 2.

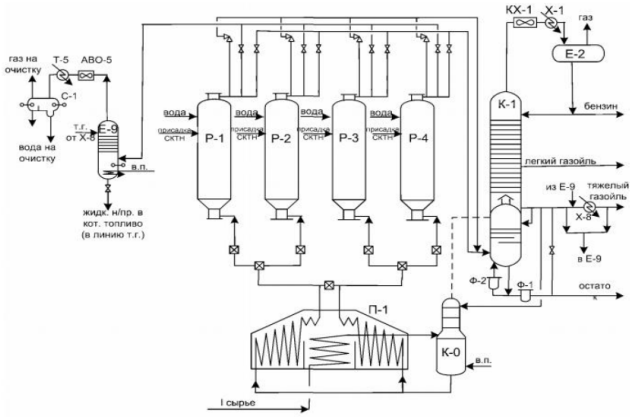


Рисунок 2 – Схема процесса замедленного коксования

Кроме кокса на установке замедленного коксования производятся:
– жирный газ коксования (для топливных нужд завода);
– компонент автомобильного бензина;
– лёгкий газойль коксования (компонент сырья С-300 1 комплекса ЛК-6У);
– тяжёлый газойль коксования (компонент мазута топочного) [6].

Также на установке на технологические нужды за счёт тепла отходящих дымовых газов печей получают водяной пар с давлением 1,4 МПа и температурой 300 ºС производительностью 50 т/ч [6]. Для этого на секции производства пара установки используется котел-утилизатор типа БМ-35РФ (рисунок 3) [7].

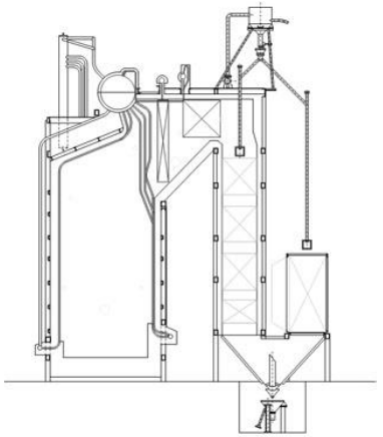


Рисунок 3 – Паровой котёл типа БМ-35РФ

Котёл типа БМ-35РФ предназначен для получения перегретого пара, работает на мазуте в закрытых котельных и котельных полуоткрытого типа. Котёл однобарабанный вертикальный водотрубный с естественной циркуляцией, выполненный по П-образной схеме компоновки поверхностей нагрева, с отдельно вынесенной шахтой воздухоподогревателя, трёхходовой по движению продуктов сгорания. Диапазон регулирования по паропроизводительности 70–100 %. Обмуровка котла – тяжёлая, закрепляемая на каркасе с обшивкой [7].

После процесса коксования кокс подвергается процессу прокалки. Основной целью процесса прокалки является улучшение физических и химических качеств кокса, таких, как электрическая проводимость, истинная плотность, окисляемость и реакционная способность, в результате продукт приобретает необходимые качества, становясь соответствующим необходимым требованиям [8] качества. В процессе прокалки и происходит выработка электроэнергии за счет утилизации тепла дымовых газов.

Прокалка или обжиг нефтяного кокса – это процесс нагрева сырого нефтяного кокса до 1250–1350 °С, при котором, за счёт протекания физических и химических процессов в сырьевом материале, происходит улучшение потребительских свойств кокса. В процессе происходит испарение влаги и удаление летучих и легкоиспаряющихся компонентов, при этом молекулярная структура кокса принимает более организованную форму с четкой кристаллической решеткой.

При нагреве и прокалке кокса в печи, топливо (мазут), часть кокса и выделяющиеся из него легколетучих горючих веществ сгорают, выделяя большое количество дымовых газов с высокой температурой. Так как последние содержат небольшое количество несгоревшего топлива, легколетучих веществ и пылевидного кокса, то дымовые газы после печи прокалки поступают в дожигатель. В нём за счет сжигания дополнительного топлива (мазута) поддерживается температурный режим, обеспечивающий практически полное сгорание компонентов дымовых газов, а также постоянный их расход и температуру [8]. Блок-схема процесса прокалки показана на рисунке 4.

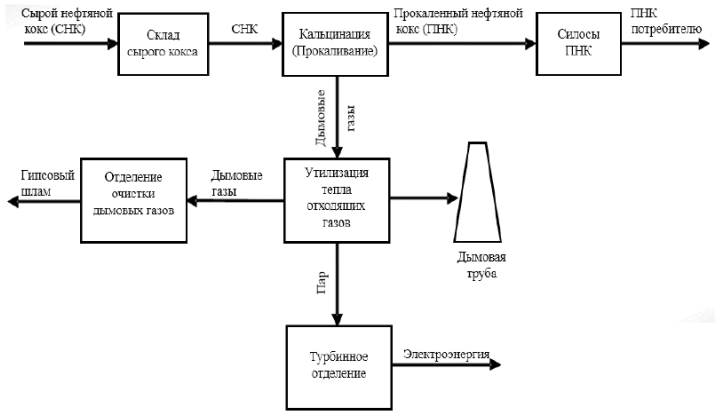


Рисунок 4 – Блок-схема процесса прокалки нефтяного кокса

Для утилизации высокопотенциального тепла дымовых газов, после дожигателя они поступают в котел-утилизатор, где за счёт этого вырабатывается водяной пар среднего давления с температурой около 400 °С. Объем вырабатываемого пара значительно превышает потребности процесса в тепловой энергии, поэтому большая часть пара используется для выработки электроэнергии в турбинном отделении, входящем в состав установки прокалки нефтяного кокса [8].

Для выработки электроэнергии применяются паросиловые установки, включающие паровые турбины конденсационного типа.

Принципиальная технологическая схема выработки электрической энергии показана на рисунке 5.

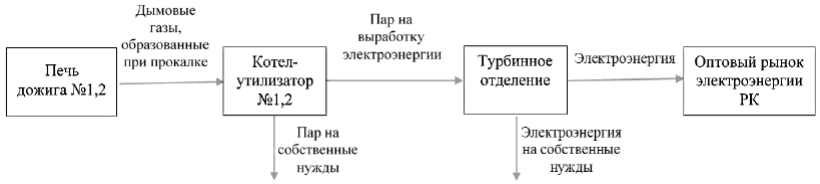


Рисунок 5 – Схема выработки электрической энергии

Котлы-утилизаторы являются неотъемлемой частью технологического процесса прокалки кокса, поскольку служат для понижения температуры дымовых газов, выходящих из печи дожига с температурой около 1000–1250 °С, до температуры около 180 °С. Котел-утилизатор серии КУ показан на рисунке 6.

Понижение температуры дымовых газов необходимо для последующей очистки дымовых газов в рукавных фильтрах и колоннах обессеривания. Очищенные дымовые газы выбрасываются в атмосферу через дымовые трубы колонн обессеривания с соблюдением требований охраны окружающей среды [8].

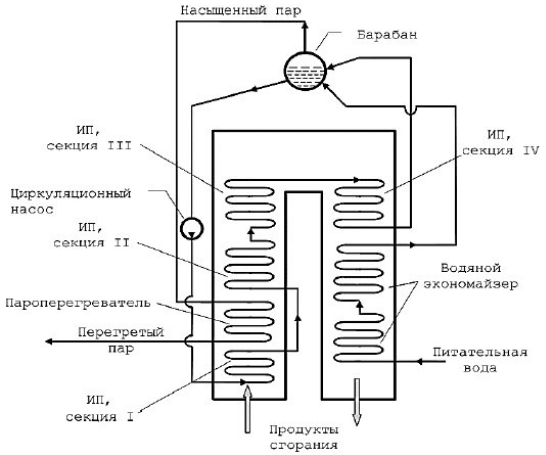


Рисунок 6 – Схема котла-утилизатора серии КУ

Вырабатываемый котлами-утилизаторами пар подаётся на турбины для выработки электрической энергии. Как правило на предприятиях используются парные турбины, в количестве, зависящем от количества котлов-утилизаторов. Схема простейшей паротурбинной установки показана на рисунке 7.

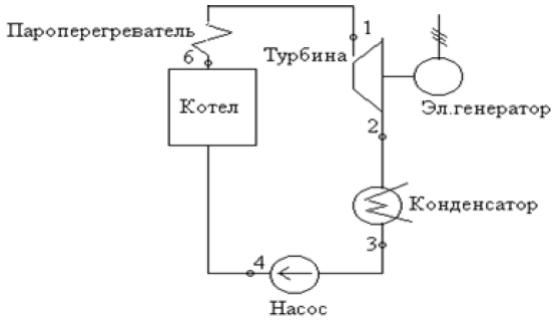


Рисунок 7 – Схема паротурбинной установки

Паровые турбины работают следующим образом: пар, образующийся в паровом котле, под высоким давлением, поступает на лопатки турбины. Турбина совершает обороты и вырабатывает механическую энергию, используемую генератором. Генератор производит электричество.

Электрическая мощность паровых турбин зависит от перепада давления пара на входе и выходе установки. Мощность паровых турбин единичной установки может достигать 1000 МВт [9].

Выводы

Национальным достоянием Казахстана являются его природные, в первую очередь, топливно-энергетические ресурсы, а также технический и интеллектуальный потенциал.

Повышение эффективности использования технического потенциала, а также всех видов энергоресурсов внутри страны с применением в широких масштабах энергосберегающих технологий в промышленности и в быту, является важнейшей задачей энергетической политики.

Необходимость углубления переработки нефти, сокращения выпуска тёмных нефтепродуктов обращает дополнительное внимание на процессы переработки тяжёлых нефтяных остатков, в частности, на коксование.

Процесс коксования, являясь одним из перспективных путей глубокой переработки нефти, позволяет перерабатывать нефтяные остатки с получением кокса и дистиллятных фракций. Наряду с этим на установках замедленного коксования и прокалки нефтяного кокса вырабатываются энергоресурсы (водяной пар, электрическая энергия), как для собственных нужд, так и сверх этого.

Методы получения водяного пара и электрической энергии в процессе производства нефтяного кокса из тяжёлых нефтяных остатков на установке замедленного коксования и получения из него прокаленного нефтяного кокса, несомненно являются эффективными, как с экономической, так и с технической точки зрения, так как не требует особых затрат и использования дорогостоящего и сложного оборудования. Также важным является то, что он позволяет исключить прямое использование тяжелых нефтяных остатков, при производстве электроэнергии, что в свою очередь способствует углублению нефтепереработки, так как, по сути, является вторичным процессом при производстве готовой продукции – прокалённого нефтяного кокса, а также способствует повышению экологичности производства.

Список использованных источников

1 **Кирдасинова, К. А., Карлыхан, Н. О.** Развитие электроэнергетической отрасли в Казахстане [Текст] // Молодежный сборник научных статей

«Научные стремления». № 15. 2015. – С. 42–49.

2 Нефтегазовая энциклопедия – производство электроэнергии. 2004. [Электронный ресурс]. – http://www.terminy.info/technics-and-techology/oil-and-gas-encyclopedia/proizvodstvo-elektroenergii.

3 Промышленная экология. Потенциал энергии. [Электронный ресурс]. – http://www.alfar.ru/smart/1/565/.

4 Установка замедленного коксования, схемы, назначение. [Электронный ресурс]. – https://pronpz.ru/ustanovki/zamedlennoe-koksovanie.html.

5 Установка замедленного коксования: проект, принцип работы, расчет мощности и сырье. 30 октября 2018 г. [Электронный ресурс]. – https://fb.ru/article/435692/ustanovka-zamedlennogo-koksovaniya-proekt-printsip-rabotyi-raschet-moschnosti-i-syire.

6 Комплекс переработки тяжелых нефтяных остатков (КПТНО). Установка замедленного коксования и производства пара. [Электронный ресурс]. – https://www.pnhz.kz/production/ technical_description/kptno/.

7 Паровые котлы типа Е-50-3.9-440ГМ (БМ-35РФ) Е-35-3,9-440ГМ (БГМ-35М). [Электронный ресурс]. – https://rosenergostal.ru/mashinostroenie-i-energetika/parovye-kotly-tipa-e-50-3-9-440gm-bm-35rf-e-35-3-9-440gm-bgm-35m/.

8 Проект ТОО «УПНК-ПВ» «Строительство установки прокалки нефтяного кокса в г. Павлодар». [Текст]. – 2015.

9 Паровые турбины. [Электронный ресурс]. – https://manbw.ru/analitycs/steam-turbines.html.

References

1 **Kirdasinova, K. A., Karlyhan, N. O.** Razvitie elektroenergeticheskoj otrasli v Kazahstane. [Kirdasinova, K. A., Karlykhan, N. O. Development of the electric power industry in Kazakhstan] [Text] // Molodezhnyj sbornik nauchnyh statej «Nauchnye stremleniya». № 15. 2015. – P. 42–49.

2 Neftegazovaya enciklopediya – proizvodstvo elektroenergii. 2004. [Oil and Gas Encyclopedia – Power Generation. 2004] [Electronic resource]. – http://www.terminy.info/technics-and-techology/oil-and-gas-encyclopedia/proizvodstvo-elektroenergii.

3 Promyshlennaya ekologiya. Potencial energii. [Industrial ecology. Energy potential.] [Electronic resource]. – http://www.alfar.ru/smart/1/565/.

4 Ustanovka zamedlennogo koksovaniya, skhemy, naznachenie. [Installation of delayed coking, schemes, appointment.] [Electronic resource]. – https://pronpz.ru/ustanovki/zamedlennoe-koksovanie.html.

5 Ustanovka zamedlennogo koksovaniya: proekt, princip raboty, raschet moshchnosti i syr'e. 30 oktyabrya 2018 g. [Delayed coking unit: design, operating principle, capacity calculation and raw materials. October 30, 2018]. [Electronic resource]. – https://fb.ru/article/435692/ustanovka-zamedlennogo-koksovaniya-proekt-printsip-rabotyi-raschet-moschnosti-i-syire.

6 Kompleks pererabotki tyazhelyh neftyanyh ostatkov (KPTNO). Ustanovka zamedlennogo koksovaniya i proizvodstva para. [Complex for processing heavy oil residues (KPTNO). Delayed coking unit and steam production.] [Electronic resource]. – https://www.pnhz.kz/production/ technical_description / kptno.

7 Parovye kotly tipa E-50-3.9-440GM (BM-35RF) E-35-3,9-440GM (BGM-35M). [Steam boilers type E-50-3.9-440GM (BM-35RF) E-35-3.9-440GM (BGM-35M).] [Electronic resource]. – https://rosenergostal.ru /mashinostroenie-i-energetika/parovye-kotly-tipa-e-50-3-9-440gm-bm-35rf -e-35-3-9-440gm-bgm -35m /.

8 Proekt TOO «UPNK-PV» «Stroitel'stvo ustanovki prokalki neftyanogo koksa v g. Pavlodar». [Project of LLP «UPNK-PV» «Construction of an installation for calcining petroleum coke in Pavlodar»] [Text]. – 2015.

9 Parovye turbiny. [Steam turbines] [Electronic resource]. – https://manbw.ru/analitycs/steam-turbines.html.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Р. М. Несмеянова, М. Р. Криштафович,
С. Р. Масакбаева, С. Ю. Ковтарева

Мұнай коксын өндіру және өңдеу процесінде ішкі отын көздерін тиімді пайдалану

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

R. M. Nesmeyanova, M. R. Krishtafovich,
S. R. Massakbayeva, S. Yu. Kovtareva

Efficient use of internal fuel sources in the production and processing of petroleum coke

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 11.12.20.

Мақалада мұнай коксын баяу кокстеу және қыздыру әдістері арқылы ауыр мұнай қалдықтарынан қыздырылған мұнай коксын алу тәсілі қарастырылады, сондай-ақ баяу кокстеу және мұнай коксын қыздыру процестерінің екінші өнімі ретінде су буын және электр энергиясын алуға шолу жүргізіледі.

Бұл басылымда қазандық-утилизатордың және бутурбиналық қондырғының жұмыс принципі мен құрылысы және мұнай коксын өндіру кезіндегі баяу кокстеу және қыздыру процестерінің сұлбасы көрсетілген, сонымен қатар кокстеу процесінде қызған будың алынуы және қыздыру кезінде электр энергиясын өндіру схемасы сипатталған.

Мұнай коксын өндіру және оны қыздыру барысында алынатын су буы мен электр энергиясы энергия ресурстарын өндіру әдістерінің бірі болады және экономикалық, экологиялық, техникалық тұрғыдан тиімді болып табылады. Бұл әдіс мұнай өңдеуді тереңдетуге және өндірістің экологиялық жағынан тазалығын арттыруға ықпал етеді.

Кілтті сөздер: электр энергиясы, су буы, қазандық-утилизатор, бутурбиналық қондырғы, ауыр мұнай қалдықтарын қайта өңдеу, кокс, кокстеу, мұнай коксын қыздыру.

The article discusses the methods of obtaining calcined petroleum coke from the heavy oil waste by slow coking and heating of petroleum coke. It also reviews the production of water vapor and electricity as a second product of the processes of petroleum coke slow coking and heating.

There are described the process of coking, the principles of operation and the structure of the boiler-utilizer and steam turbine installation, the schemes of the petroleum coke slow coking and heating, obtaining of the superheated steam in the process of coking, and the scheme of the electrical energy during calcination.

Obtaining water vapor and electricity during the production of petroleum coke and its heating is an economically, environmentally, and technically efficient method of energy production that contributes to the deepening of oil refining and improves the environmental friendliness of its production.

Keywords: electric power, water vapor, heat recovery boiler, steam turbine plant, processing of heavy oil residues, coke, coking, calcining of petroleum coke.

МРНТИ 45.03.03

https://doi.org/10.48081/BQKM5775

А. Н. Новожилов[1], Т. А. Новожилов[2],
Д. М. Рахимбердинова[3], Е. Н. Колесников[4], Е. М. Волгина[5]
[1,3,4,5]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[2]Омский государственный технический университет, Российская Федерация, г. Омск.

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОКОВ В ОБМОТКАХ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ЕГО В СЕТЬ

Включение трансформатора в сеть сопровождается переходным процессом, при котором ток в его обмотках резко возрастает из-за наличия насыщения магнитопровода и остаточного намагничивания сердечника. В настоящее время моделирование ток намагничивания в обмотке стержня рассчитывается вручную с использованием заданной графически кривой намагничивания стали стержне от тока в обмотке. Это трудоемкий процесс, основная погрешность моделирования тока в обмотке при котором возникает из-за того, что при этом не учитывается реальная зависимость магнитного потока в сердечнике и его остаточная намагниченность. В связи с этим целью исследования является разработка практических аспектов моделирования токов в обмотках трансформатора при включении его в сеть, которые позволят в значительной мере избавиться от этого. Для этого суммарный магнитный поток в стержне в процессе моделирования тока намагничивания определяется по зависимости магнитного потока от этого тока, получаемой экспериментально для этого магнитопровода, оценку величины магнитного потока осуществлять с учетом остаточной намагниченности магнитопровода. Для оценки адекватности предложенной расчетной модели в работе приведен сопоставительный анализ результатов моделирования и эксперимента зависимости $I_0 = f(t)$ *на однофазном экспериментальном трансформаторе, изготовленном на базе трехфазного трансформатора ТТ-6. Этот анализ показал, что погрешность моделирования составляет около 10 %. Кроме того, выявлено, что кратность отношения наибольшего значения тока в*

обмотке трансформатора к его установившемуся значению мало зависит от величины его нагрузки, а погрешность моделирования этой кратности составляет около 5 %. Это подтверждает то, что моделирование величины броска тока намагничивания должно осуществляться в режиме холостого хода трансформатора. Анализ погрешностей результатов моделирования показывает, что моделирование величины броска тока намагничивания должно осуществляться в режиме холостого хода трансформатора, а их величина при этом будет вполне удовлетворять требования релейной защиты.

Ключевые слова: трансформатор, математическая модель, моделирование токов, режим включения в сеть, магнитный поток, кривая намагничивания, бросок тока намагничивания.

Введение

Как известно [1, 2] включение трансформатора в сеть сопровождается переходным процессом, при котором ток в его обмотках резко возрастает. Этот процесс является следствием насыщения магнитопровода и его остаточного намагничивания сердечника, возникающего после отключения трансформатора от сети. В релейной защите этот процесс обычно называют броском тока намагничивания, который следует учитывать при определении тока срабатывания реагирующего органа и времени срабатывания задерживающего органа любой токовой защиты трансформатора [3, 4].

Традиционно математическое моделирование броска тока намагничивания трансформатора основано на моделировании магнитного потока в ферромагнитном стержне сердечника при включении обмотки трансформатора в сеть [2, 4]. При этом ток намагничивания в обмотке трансформатора определяется графически с использованием зависимости $\Phi = f(I_0)$, где Ф – магнитный поток в стержне сердечника; I_0 – ток холостого хода трансформатора.

Однако построение зависимости $i_0 = f(t)$ графическим способом в переходном процессе длительностью 0,5–15 с является достаточно трудоемким процессом.

Материалы и методы

Моделирование невозможно осуществить без зависимости $\Phi = f(I_0)$ для конкретного трансформатора, которая не всегда тождественна зависимости $B = f(H)$ стали сердечника, где Н и В – напряженность и индукция магнитного поля в стержне.

При моделировании $i_0 = f(t)$ не учитывается остаточная намагниченность стержня магнитопровода.

В значительной мере избежать влияния этих факторов на процесс моделирования броска тока намагничивания для нужд релейной защиты можно, если моделирование осуществлять следующим образом.

Результаты и обсуждения

В соответствии с [2, 4, 5] и схемой на рисунке 1,а переходной процесс в однофазном трансформаторе с отключенной нагрузкой при включении его сеть можно описать нелинейным дифференциальным уравнением

$$u_1 = i_0 R_1 + d\psi_1 / dt = i_0 R_1 + w_1 d\phi_1 / dt \qquad (1)$$

где u_1 – мгновенное значение напряжения на первичной обмотке; R_1 – активное сопротивление первичной обмотки; ψ_1 и ϕ_1 – потокосцепление и магнитный поток первичной обмотки; w_1 – число витков первичной обмотки.

Мгновенное значение напряжения первичной обмотки определяются как

$$u_1 = U_{1m} \cos(\omega t + \alpha_1) \qquad (2)$$

где U_{1m} – амплитудное значение напряжения в сети; ω – угловая частота сети; α_1 – угол сдвига по фазе.

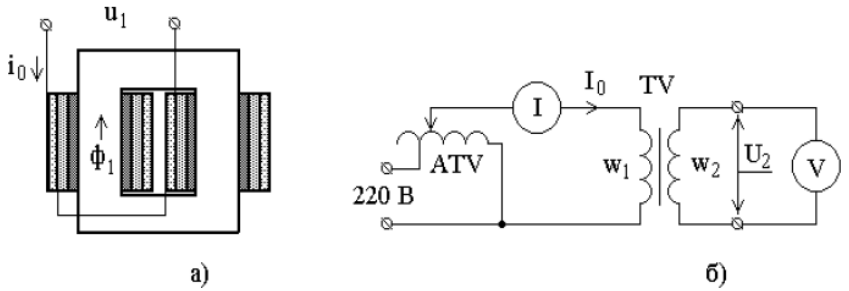


Рисунок 1 – Схемы трансформатора для построения зависимости $i_0 = f(t)$

Если в соответствии с [2] допустить, что

$$i_0 = w_1 \phi_1 / L_0 \quad (2)$$

а член системы уравнений (1) $d\psi_A / dt$ представить в виде $w_1 d\phi_A / dt$ то тогда уравнение (1) преобразуется в линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами, которое можно представить в виде

$$u_1 / w_1 = (R_1 / w_1)\phi_1 + d\phi_1 / dt \quad (3)$$

где L_0 – индуктивность первичной обмотки трансформатора.

В соответствии с [1] решение линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами можно представить в виде

$$\phi_1 = \phi_{п1} + \phi_{a1} \quad (4)$$

где $\phi_{п1}$ и ϕ_{a1} – периодическая и апериодическая составляющие магнитного потока первичной обмотки.

При этом мгновенное значение периодической и апериодической составляющих магнитного потока определяются как

$$\phi_{п1} = \frac{U_1}{\omega w_1} \sin \omega t \text{ и } \phi_{a1} = -\phi_{a1m}\, e^{-(R_1 / L_0)t} \quad (5)$$

где ϕ_{a1m} – величина апериодической составляющей магнитного потока принимаемая равной периодической составляющей магнитного потока на момент включения трансформатора в сеть, но с отрицательным знаком.

Согласно [2] расчет индуктивности и индуктивного сопротивления первичной обмотки можно определить из опыта холостого хода. Допустив, что трансформатор работает в ненасыщенном режиме

$$Z_0 = \dot{U}_1 / \dot{I}_0,\ X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_1^{\,2}} \text{ и } L_0 = X_0 / \omega \quad (6)$$

где Z_0 – в соответствии с [2] сопротивление взаимной индукции; U_1 – действующее напряжение первичной обмотки; X_0 – реактивная составляющая сопротивления взаимная индукции [2].

Активное сопротивление R_1 обмотки трансформатора можно рассчитать по общеизвестным формулам. Однако значительно проще и точнее его можно получить непосредственно путем замера с помощью моста постоянного тока.

Зависимость $\Phi = f(I_0)$ в известной степени определена кривой намагничивания $B = f(H)$ марки стали, из которой изготовлен магнитопровод трансформатора, а также его размерами и конструкцией. Однако в связи со сложностью расчета по этим данным зависимости $\Phi = f(I_0)$ строить ее предлагается экспериментальным путем.

Для построения зависимости $\Phi = f(I_0)$ можно воспользоваться экспериментальной установкой, схема которой приведена на рисунке 1,б, где ATV – автотрансформатор; TV – исследуемый однофазный трансформатор; w_2 – число витков измерительной обмотки.

На этой установке ток в первичной обмотке исследуемого трансформатора задается автотрансформатором ATV. Магнитный поток в магнитопроводе определяется из уравнения

$$\Phi = U_2 / (4{,}44 f w_2) \quad (7)$$

где U_2 и w_2 – напряжение и число витков измерительной обмотки, в качестве которой может использоваться любая вторичная обмотка.

Для экспериментальных исследований использовался экспериментальный однофазный трансформатор, изготовленный на базе трансформатора ТТ-6 мощностью 6,0кВА. Параметры этого трансформатора приведены в таблице 1. Полученная экспериментально на нем зависимость $\Phi = f(I_0)$ для максимального значения $I_0 = 0{,}3$ А приведена на рисунке 2. При больших значениях тока I_0 с учетом геометрических построений на рисунке 3 расчетное значение магнитного потока определяют путем использования аналитического выражения

$$\Phi_р = \Phi_к + (\Phi_к - \Phi_н)(I_р - 0{,}3) / 0{,}3 \quad (8)$$

где $I_р$ – принимаемая величина тока в обмотке трансформатора; $\Phi_р$ – рассчитанное значение магнитного потока в стержне; $\Phi_к = 0{,}00515$ тл; $\Phi_н = 0{,}00465$ тл

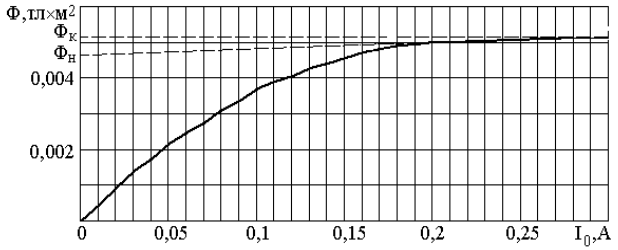


Рисунок 2 – Экспериментальная зависимость $\Phi = f(I_0)$ для экспериментального трансформатора

Таблица 1 – Параметры экспериментального трансформатора

Параметры трансформатора	Обозначение	Величина
Напряжение питания, В	U_1	220
Ток холостого хода трансформатора, А	I_0	0,095
Число витков в первичной обмотке, вит.	w_1	2×146
Активное сопротивление первичной обмотки, Ом	R_1	0,8

Для моделирования тока в первичной обмотке однофазного трансформатора с помощью «Турбо – Бейсика» докторантами Колесниковым Е. Н. и Рахимбердиновой Д. М. под руководством д.т.н., профессором Новожиловым А. Н. была разработана программа, позволяющая моделировать эти токи на произвольном трансформаторе.

Результаты моделирования и эксперимента зависимости $i_0 = f(t)$ трансформатора ТТ-6 приведены на рисунках 3 и 4, где на рисунках 3,а и 4,а показаны зависимости $i_0 = f(t)$ длительностью 13 секунд, а на рисунках 3,б (4,б) и 3,в (4,в) начало (конец) этих зависимостей. Из этих рисунков видно, что затухания тока в обмотках в зависимости от времени полеченное экспериментально и расчетным путем в течение 13 секунд происходит практически одинаково.

Кроме этого из рисунков 3,б и 4,б, а также рисунков 3,в и 4,в видно, что расчетное и экспериментальное значение токов i_0 в начале и конце указанного периода времени различается не более чем на 10 %.

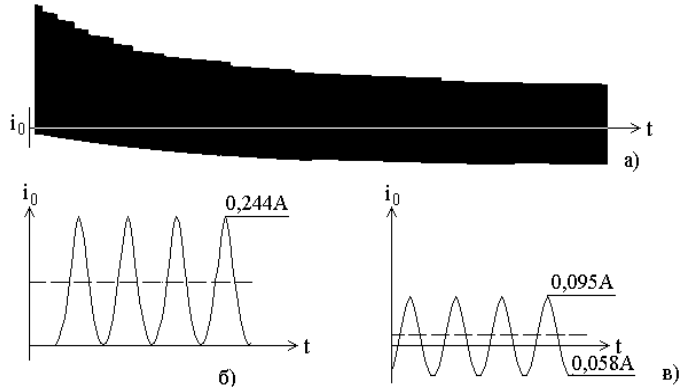


Рисунок 3 – Полученный расчетным путем процесс затухания тока в обмотке при включении экспериментального трансформатора в сеть без учета остаточной намагниченности стержня

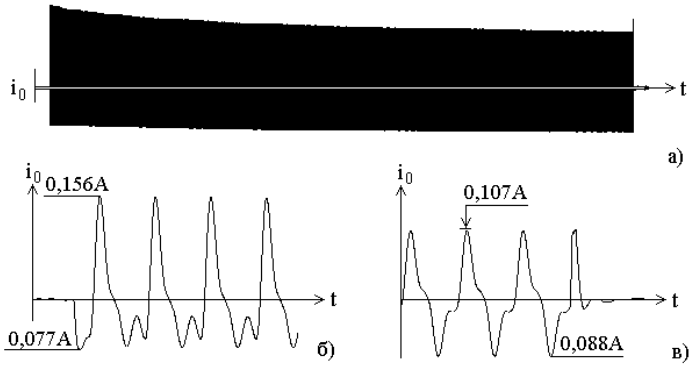


Рисунок 4 – Осциллограмма процесс затухания тока в обмотке при включении экспериментального трансформатора в сеть

В соответствии с начальными условиями при решении дифференциального уравнения (3) магнитный поток в стержне и ток в первичной обмотке трансформатора на момент его включения в сеть должны равняться нулю. Что и показано на рисунках 3,а и 3,б. В связи с этим ток I_0 в начальный период переходного процесса является либо только положительным, либо только отрицательным (рисунок 3,б). Однако из осциллограмм на рисунках 4,а и 4,б видно, что в реальном процессе ток I_0 может принимать как положительное, так и отрицательное значение. Такое возможно только в случае, когда

магнитный поток ϕ_1 в стержне на момент включения трансформатора равен не нулю, а магнитному потоку ϕ_{0l} от остаточной индукции в стержне сердечника. В конкретном случае он составляет примерно 30 % от периодической составляющей магнитного потока.

В связи с этим магнитный поток в стержне следует определять как

$$\phi_1 = \phi_{п1} + \phi_{a1} + \phi_{o1} \quad (9)$$

где ϕ_{0l} – остаточная составляющая магнитного потока.

Анализ рисунков 3,а и 4,а показывает, что магнитный поток от остаточной индукции должен затухать аналогично апериодической составляющей магнитного потока. В связи с этим

$$\phi_{o1} = -\phi_{olm}\, e^{-(R_1/L_m)t} \quad (10)$$

где ϕ_{0lm} – величина апериодической составляющей магнитного потока от остаточной индукции в стержне на момент включения трансформатора в сеть, но с отрицательным знаком. Ее следует определять по зависимости $\Phi = f(I_0)$ и величине тока в обмотке на момент отключения трансформатора от сети.

В связи с этим наибольшей величины магнитный поток в стержне может достигнуть в случае, когда ϕ_{0l} будет совпадать по знаку с потоком ϕ_{al}, а включение трансформатора произойдет при достижении периодической составляющей тока своего максимума. В этом случае результате ϕ_1 может величины близкой к $2{,}5U_1 / \omega w_1$. В вязи с этим максимальное значение тока в обмотке трансформатора при включении его в сеть с учетом (8) и рисунка 2 при $\Phi_к = 0{,}00515$ Тл и $\Phi_н = 0{,}00465$ Тл определяется как

$$I_0 = 0{,}3[1 + (2{,}5U_1 / \omega w_1 - \Phi_н)/(\Phi_к - \Phi_н)] = 1{,}107 \text{ А} \quad (11)$$

То есть при включении трансформатора в сеть ток в обмотке трансформатора может превышать его установившееся значение примерно в 10,3 раза.

Поверить правильность этого утверждения можно по рисунку 5, где приведена осциллограмма многократного включения экспериментального трансформатора в сеть в режиме холостого хода. В соответствии с

этим рисунком максимальное значение тока в обмотке при включении трансформатора в сеть в этих режимах превышает установившееся значение этого тока примерно в 9,8 раз. То есть расхождение результатов расчета и эксперимента составляет около 5 %.

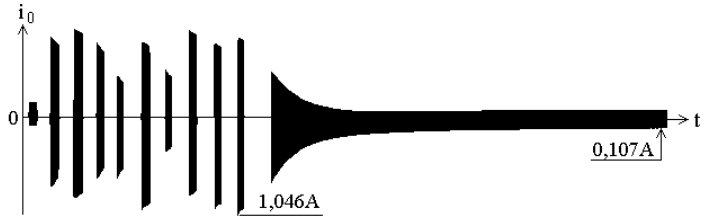


Рисунок 5 – Осциллограмма многократного включения экспериментального трансформатора в сеть в режиме холостого хода

Рисунок 6 – Осциллограмма многократного включения экспериментального трансформатора в сеть в режиме нагрузки

Осциллограмма многократного включения экспериментального трансформатора в сеть в режиме нагрузки приведены на рисунке 6. Из нее видно, что максимальное значение тока в обмотке при включении трансформатора в сеть в этом режиме превышает аналогичное значение тока в режиме холостого хода в 1,2 раза, а становившееся значение этого тока в режиме нагрузки 2,57 раза. Что подтверждает мнение о достаточности моделировании этого переходного процесса в режиме холостого хода.

Выводы

1 Предложен экспериментальный метод и установка для определения зависимости тока холостого хода от магнитного потока в стержне магнитопровода с неизвестными параметрами, а также математическая модель по расчету тока в обмотке трансформатора с учетом остаточной намагниченности магнитопровода при включении его в сеть.

2 Осуществлена проверка адекватности предложенной модели по расчету тока в обмотке трансформатора при включении его в сеть. Проверка осуществлялась путем сопоставления результатов моделирования и эксперимента на однофазном трансформаторе ТТ-6. Проверка показала, что погрешность моделирования составляет около 10 %, что вполне удовлетворяет требованиям релейной защиты.

3 Выявлено, что кратность отношения наибольшего значения тока в обмотке трансформатора к его установившемуся значению мало зависит от величины нагрузки, а погрешность моделирования этой кратности составляет около 5 %.

Список использованных источников

1 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники / Бессонов Л. А. – М. : Высшая школа, – 1967. – 775 с.

2 **Иванов-Смоленский А. В.** Электрические машины. – М. : Энергия, 1980. – 909 с.

3 Беркович, М. А., Молчанов, В. В., Семенов, В. А. Основы техники релейных защит. – М. : Энергоатомиздат 1984. – 232 с.

4 **Чернобровов Н. В.** Релейная защита. – 4-е издание. – М. : Энергия, 1974. – 680 с.

5 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А.** Релейная защита однофазного трансформатора на магнитных трансформаторах тока / Новожилов А. Н. – Павлодар: Кереку, 2017. – 116 с.

References

1 **Bessonov, L. A.** Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki [Bessonov L. A. Theoretical Foundations of Electrical Engineering]. – M. : Vysshaya shkola, – 1967. – 775 s.

2 **Ivanov-Smolenskij A. V.** Elektricheskie mashiny [Ivanov-Smolenskij A. V. Electric Cars]. – M. : Energiya, 1980. – 909 s.

3 **Berkovich, M. A.** Osnovy tekhniki relejnyh zashchit. [Berkovich M. A. Fundamentals of Relay Protection Technology]. – M. : Energoatomizdat, 1984. – P. 232.

4 **Chernobrovov, N. V.** Relejnaya zashchita [Chernobrovov N. V. Relay Protection]. – 4-e izdanie. –M. : Energiya, 1974. – 680 s.

5 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A.** Relejnaya zashchita odnofaznogo transformatora na magnitnyh transformatorah toka [Novozhilov A. N. Relay protection of a single-phase transformer on magnetic current transformers]. – Pavlodar : Kereku, 2017. – 116 s.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

А. Н. Новожилов[1], Т. А. Новожилов[2], Д. М. Рахимбердинова[3], Е. Н. Колесников[4], Е. М. Волгина[5]

Трансформатордың орамаларында оны желіге қосу кезіндегі токтарды модельдеудің практикалық аспектілері

[1,3,4,5]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ;
[2]Омбы мемлекеттік техникалық университеті,
Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

A. N. Novozhilov[1], T. A. Novozhilov[2], D. M. Rakhimberdinova[3], E. N. Kolesnikov[4], E. M. Volgina[5]

Practical aspects of modeling currents in windings of a transformer when connecting it to the network

[1,3,4,5]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[2]Omsk State Technical University,
Russia Federation, Omsk.

Material received on 11.12.20.

Трансформатордың желіге қосылуы өтпелі үдеріспен қатар жүреді, онда оның орамындағы ток магнит өткізгіштің қанығуы және өзекшенің қалдық магниттелуі болуына байланысты күрт артады. Қазіргі уақытта өзек орамасында магниттелу тогын модельдеу өзекшенің орамасында токтан болатты графиктік қисық магниттелу арқылы қолмен есептеледі. Бұл көп еңбекті қажет ететін процесс, орамадағы токтың үлгілеуінің негізгі қателігі, бұл жағдайда өзекшедегі магнит ағынының нақты тәуелділігі және оның қалдық магниттілігі ескерілмейді. Осыған байланысты, зерттеудің мақсаты трансформатордың орамаларындағы токтарды модельдеудің практикалық аспектілерін жасау, оны желіге қосу, ол осыдан едәуір құтылуға мүмкіндік береді. Әдістері. Бұл үшін магниттелу тогын модельдеу процесінде өзекшедегі қосынды магнит ағыны осы магнит өткізгіш үшін алынған осы токтан магнит ағынының тәуелділігімен анықталады, магнит ағынының мөлшерін бағалауды магнит өткізгіштің қалдық магниттелуін есепке ала отырып жүзеге асыру. Нәтижелер. Берілген есептеу моделінің адекваттығын бағалау үшін жұмыста тт-6 үшфазалы трансформатордың базасында жасалған бірфазалы эксперименталдық трансформаторда модельдеу және тәуелділік эксперимент нәтижелерінің салыстырмалы талдауы келтірілген.

Бұл талдау модельдеу қателігі шамамен 10 % екенін көрсетті. Сонымен қатар, трансформатордың орамындағы токтың ең үлкен мәнінің оның белгіленген мәніне қатынасы еселігі оның жүктемесінің көлеміне аз тәуелді емес, ал осы еселікті модельдеу қателігі шамамен 5 % құрайды. Бұл магниттелу тогының лақтыру шамасын модельдеу трансформатордың бос жүріс режимінде жүзеге асырылуы тиіс екенін растайды. Талдау нәтижелерінің қателіктерін модельдеу көрсеткендей, модельдеу шамасын лақтыру магниттеу тогы жүзеге асырылуы тиіс бос жүріс режиміндегі трансформатордың, ал олардың шамасы бұл әбден қанағаттандыруы тиіс талаптар релелік қорғау.

Кілтті сөздер: трансформатор, өткізгіш, қосылу режимі, магнит ағыны, магниттеу қисығы, магниттейтін ток күші

Current relay protection of transformers from short circuits in windings, as a rule, is detached from the through currents that occur during short-circuit on the low side and inrush currents of magnetization. In this case, the mathematical simulation of the inrush of the magnetization current in the transformer windings is based on modeling the magnetic flux in the ferromagnetic core core when its winding is connected to the network. However, at present this is a laborious graphoanalytical process in which the remanent magnetization of the rod is not taken into account, and the calculation is made using the dependence of the steel of the magnetic circuit. This leads to significant errors in the simulation of current in the winding. To avoid this, it is proposed to use the dependence obtained experimentally for the magnetic circuit, to estimate the magnitude of the magnetic flux on the residual magnetization of the rod and, taking this into account, calculate the total magnetic flux in the rod during the simulation of the magnetization current surge. To assess the adequacy of the constructed computational model, a comparative analysis of the simulation results and the dependence experiment on a single-phase experimental transformer made on the basis of the TT-6 three-phase transformer is given in the work. This analysis showed that the modeling error is about 10 %. It was also revealed that the ratio of the ratio of the highest current value in the transformer winding to its steady-state value depends little on its load, and the modeling error of this ratio is about 5 %. This confirms that the simulation of the magnitude of the magnetization current surge should be carried out in the idle mode of the transformer.

Keywords: transformer, mathematical model, simulation of currents, switching on mode, magnetic flux, magnetizing curve, magnetizing current inrush.

МРНТИ 44.31.35

https://doi.org/10.48081/EWQG1235

Е. В. Оришевская[1], Е. В. Приходько[2], А. Б. Бояндинова[3], Е. А. Пешеходова[4], Г. А. Айтмагамбетова[5]

[1,2,4,5]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

[3] АО «Евроазиатская энергетическая корпорация»,

Республика Казахстан, г. Аксу

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТОРОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье производится анализ изменения коэффициента теплопроводности волокнистых теплоизоляционных материалов тепловых сетей в зависимости от влияния на них эксплуатационных факторов.

Для анализа был выбран участок тепловой сети с неудовлетворительным состоянием тепловой изоляции, но находящийся в эксплуатации. Были проведены замеры коэффициента теплопроводности изоляции различных участков трубопровода, а также новой минеральной ваты.

На основании полученных данных об изменении коэффициента теплопроводности и толщины минеральной ваты был произведён расчёт действительных тепловых потерь с поверхности тепловой сети.Расчёты показали, что при эксплуатации идёт превышение тепловых потерь для подающего трубопровода в 7,8 раза и в 6,1 раз – для обратного.

Ключевые слова: тепловые потери, тепловая изоляция, тепловые сети.

Введение

Тепловые сети являются одним из основных элементов систем централизованного теплоснабжения.Эксплуатация тепловых сетей в значительной степени определяется надежным и экономичным функционированием систем теплоснабжения в промышленности и ЖКХ.

На данный момент на рынке строительных материалов представлен большой перечень трубной тепловой изоляции отечественного и зарубежного производства. Но при всем многообразии выбора, зачастую, довольно сложно оптимально подобрать материал тепловой изоляции, обеспечивающий максимальную защиту от теплопотерь. Как правило, проектировщики вносят в проект ту изоляцию, которую выбирают и рекомендуют производители или заказчик. Поэтому, их выбор не основан на расчетных данных. В этом заключается причина неграмотного применения тепловой изоляции систем теплоснабжения. К тому же отсутствуют четкие указания по выбору в нормативной литературе [1–5].

Воздействие условий эксплуатации также нашло своё отражение в литературе. Так, результаты исследований показали, что тепловые потери трубопровода, изолированного базальтовой ватой, даже при его полном высыхании после затопления возросли по сравнению с соответствующим параметром для сухого материала теплоизолятора. После третьего цикла увлажнение-высыхание тепловые потери увеличились в 1,3 раза по сравнению с сухим материалом и при дальнейшем увеличении числа циклов не изменялись [6–8].

Материалы и методы

Материалы – волокнистые теплоизоляционные материалы (минеральная вата). Приборы – измеритель теплопроводности ИТП МГ4.

Фундаментальные положения теории теплопроводности математики, определение коэффициента теплоотдачи и тепловых потерь, натурный эксперимент.

Результаты и обсуждения

Теплопроводность теплоизоляционных материалов на действующих тепловых сетях зачастую не соответствует паспортной. Это, как правило, связано с двумя основными причинами:

– во-первых, это нарушение технологии монтажа, т.е. сжатие слоя теплоизоляции, тем самым увеличение его плотности и теплопроводности;

– во-вторых, нарушение условий эксплуатации. При эксплуатации в реальных условиях часто возникают моменты нарушения внешнего (защитного) слоя, что приводит к свободному доступу внешней среды (осадкам, песку и др.) к теплоизоляции.

И первая, и вторая причина приводят к снижению теплопроводности теплоизоляции. Во втором случае, кроме снижения теплопроводности, наблюдается разрушение самого слоя теплоизоляции.

Увеличение коэффициента теплопроводности волокнистой теплоизоляции вследствие сжатия для ряда материалов подробно описано в работе [9, 10]. Показано, что сжатие минеральной ваты на 50 % вызывает увеличение

коэффициента теплопроводности с 0,09 Вт/(м·°С) до 0,12 Вт/(м·°С), т.е. на 33 %, что в конечном итоге приводит к росту тепловых потерь в 1,26 раза.

Для анализа изменения коэффициента теплопроводности изоляционных материалов тепловых сетей в зависимости от факторов эксплуатации был выбран участок тепловой сети с неудовлетворительным состоянием. То есть на значительной части трубопровода находился слой изоляции без защитного слоя, что позволяло в течении ряда лет внешним факторам воздействовать на волокнистый теплоизоляционный слой.

Измерение коэффициента теплопроводности новой минеральной ваты в лабораторных условиях показало, что его значение соответствует паспортным данным и составляет 0,038 Вт/(м·К).

Анализ состояния тепловой изоляции показывает, что около 25 % рассматриваемого трубопровода находится полностью без изоляции, на 25 % остальной поверхности отсутствует поверхностный защитный слой (рисунок 1).

Рисунок 1 – Общий вид теплоизоляции трубопровода

Открытые участки теплоизоляции (без защитного слоя) имеют изменённую структуру (более плотную) с множественными вкраплениями частиц песка, мелких камней и др. (рисунок 2).

Рисунок 2 – Участок теплоизоляции без защитного слоя

Для дальнейших расчётов были взяты образцы теплоизоляции с участков без защитного слоя и с защитным слоем (из нижней части трубопровода):

– участок без тепловой изоляции и защитного слоя. Площадь участка: 25 % от общей площади;

– участок без защитного слоя. Площадь участка: 25 % от общей площади; λ = 0,544 Вт/(м·К)

– участок с тепловой изоляцией и защитным слоем. Площадь участка: 50 % от общей площади; λ = 0,159 Вт/(м·К).

Произведём расчёт действительных тепловых потерь для неизолированного теплопровода, для остальных участков результаты расчёта приведём в таблице.

Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплопровода к окружающему воздуху состоит из двух слагаемых – коэффициента теплоотдачи излучением $\alpha_л$ и коэффициента теплоотдачи конвекцией $\alpha_к$.

Подающий:

$$\alpha_к = 4{,}65\frac{w^{0,7}}{d^{0,3}} = 4{,}65\frac{5^{0.7}}{0{,}438^{0,3}} = 18{,}36,$$

где d – наружный диаметр теплопровода, = 0,426+2·0,06=0,438 м.

w – скорость воздуха, принята 5 м/с.

$$\alpha_л = C\frac{\left(\frac{t+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_0+273}{100}\right)^4}{t-t_0} = 5\frac{\left(\frac{70+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{-8+273}{100}\right)^4}{70+8} = 5{,}7$$

С – коэффициент излучения, для поверхности неизолированных трубопроводов, изоляционных конструкций имеет значение 4,4–5 Вт/(м^{2}К^4);

t – температура излучающей поверхности.

$$\alpha_н = \alpha_к + \alpha_л = 18{,}36 + 5{,}7 = 24\ Вт/(м^{2\cdot0}C)$$
$$R_н = \frac{1}{\pi d\alpha} = \frac{1}{3{,}14\cdot0{,}438\cdot24} = 0{,}03, м\cdot К/Вт$$

Удельные тепловые потери составят:

$$q^{под} = (70-(-8))/0{,}03 = 2600\ Вт/м$$

Обратный:

$$\alpha_к = 4{,}65\frac{w^{0,7}}{d^{0,3}} = 4{,}65\frac{5^{0.7}}{0{,}438^{0,3}} = 18{,}36,$$

$$\alpha_л = C\frac{\left(\frac{t+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_0+273}{100}\right)^4}{t-t_0} = 5\frac{\left(\frac{50+273}{100}\right)^4 - \left(\frac{-8+273}{100}\right)^4}{50+8} = 5{,}1$$

$$\alpha_н = \alpha_к + \alpha_л = 18{,}36 + 5{,}1 = 23{,}5\ Вт/(м^{2\cdot0}C)$$

$$R_н = \frac{1}{\pi d\alpha} = \frac{1}{3{,}14\cdot0{,}438\cdot23{,}5} = 0{,}03, м\cdot К/Вт$$

Удельные тепловые потери составят:

$$q^{обр} = (50+8)/0{,}03 = 1933{,}3\ Вт/м$$

Таблица 1 – Результаты расчёта

Участок	Площадь участка, % от общей площади	$q^{под}$, Вт/м	$q^{обр}$, Вт/м	$Q^{под}$, Вт	$Q^{обр}$, Вт
Неизолированный теплопровод	25	2600	1933,3	2990	2223
участок без защитного слоя	25	1218,75	892,3	1401,5	1042,2
участок с тепловой изоляцией и защитным слоем	50	402,06	299	462,4	343,85
Общие теплопотери	100	1155,7	855,9	1329	988,31

Согласно нормам тепловых потерь, Вт/м, для трубопровода диаметром 426 мм при надземной прокладке с расчетной среднегодовой температурой наружного воздуха +5 °С:

– для подающего трубопровода $(\tau - t_0)$=78 °С норма тепловых потерь = 130,32 Вт/м;

– для обратного трубопровода $(\tau - t_0)$= 58 °С норма тепловых потерь = 109,04 Вт/м.

Коэффициент пересчета на измеряемую температуру

$$k_{п}^{над} = \frac{t_{п}^{ср} - t_{н}^{ср}}{t_{п}^{ср.год} - t_{н}^{ср.год}}$$

$$k_{о}^{над} = \frac{t_{о}^{ср} - t_{н}^{ср}}{t_{о}^{ср.год} - t_{н}^{ср.год}}$$

где $t_{п}^{ср.год}, t_{о}^{ср.год}, t_{н}^{ср.год}$ – среднегодовые температуры соответственно теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети и наружного воздуха, °С;

$t_{п}^{ср}, t_{о}^{ср}, t_{н}^{ср}$ – средние температуры за нормируемый период, °С.

$$k_{п}^{над} = \frac{70 - (-8)}{72{,}1 - 3{,}9} = 1{,}14$$

$$k_{о}^{над} = \frac{50 - (-8)}{48{,}8 - 3{,}9} = 1{,}29$$

С учетом этих коэффициентов для температуры наружного воздуха – 8 С норма тепловых потерь для подающего трубопровода составит 130,32·1,14 = 148,6 Вт/м, для обратного – 109, 04·1,29=140,7 Вт/м.

Превышение тепловых потерь для подающего теплопровода в 7,8 раза, для обратного в 6,1 раза.

Выводы

Проведённые расчёты показали, что на рассматриваемом участке тепловой сети тепловые потери значительно превышают нормативные. Это обуславливается не только отсутствием изоляции на части трубопровода, но и изменением коэффициента теплопроводности волокнистой теплоизоляции при эксплуатации её без защитного слоя.

Список использованных источников

1 **Корнев, С. А.** Применение оптимального материала теплоизоляции для повышения энергоэффективности тепловой сети / С. А. Корнев. – // Молодой ученый. – 2015. – № 24 (104).– С. 145–146.

2 **Воронина, Ю. А.** Влияние увлажнения теплоизоляции на тепловые потери в системах теплоснабжения /, Т. Н. Немова, К. Д. Трофимов, Н. А. Цветков // Изв. вузов. Физика. – 2010. – № 12/2. – С. 63–69.

3 **Кузнецов, Г. В.** Математическое моделирование процессов тепловлагопереноса в тепловой изоляции трубопроводов / Г. В. Кузнецов, В. Ю. Половников // Энергосбережение и водоподготовка. – 2007. – № 6. – С. 37–39.

4 **Иванов, В. В.** Влияние увлажнения изоляции и грунта на тепловые потери подземных теплотрасс / В.В. Иванов, Н.В. Букаров, В.В. Василенко // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 7. – С. 32–33.

5 Теплоснабжение / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков, Е. Н. Терлецкая ; под ред. А.А. Ионина. – М. : Стройиздат, 182. – 336 с.

6 **Немова, Т. Н., Лежнева, Ю. А., Цветков, Н. А., Алексеева, Е. Г.** Влияние изменения теплопроводности теплоизоляционных материалов на тепловые потери магистральных трубопроводов // Вестник ТГАСУ. 2016. № 5 (58). С. 151–160.

7 **Гусев, Б. В.** Теплопроводность минераловатных плит в условиях эксплуатационных воздействий / Б. В. Гусев, В. А. Езерский, П. В. Монастырев // Пром. и гражд. строительство. – 2005. – № 1. – С. 48 – 49.

8 **Ярцев, В. П.** Влияние силовых и атмосферных воздействий на теплофизические характеристики минераловатных плит/ В. П. Ярцев, А. М. Дорофеев // Кровел. и изоляц. материалы. – 2010. – № 4. – С. 14 – 15.

9 **Кинжибекова А. К., Никифоров А. С., Приходько Е. В.** Влияние температурных деформаций кладки на тепловые потери теплоиспользующих агрегатов. Промышленная энергетика. № 12. 2007. с. 34 – 35.

10 **Кинжибекова, А. К.** Исследование тепловой работы обмуровки котельных агрегатов // Вестник ИнЕУ. 2006. – № 2. С. 111–115.

References

1**Kornev, S. A.** Primenenie optimal’nogo materiala teploizolyacii dlya povysheniya energoeffektivnosti teplovoj seti. [Kornev, S. A. Application of an optimal heat insulation material to improve the energy efficiency of the heating network] [Text] // Young scientist. – 2015. – No. 24 (104). – S. 145–146.

2 **Voronina, Yu. A.** Vliyanie uvlazhneniya teploizolyacii na teplovye poteri v sistemah teplosnabzheniya [Voronina, Yu.A. Influence of humidification of thermal insulation on heat losses in heat supply systems] [Text] // Izv. universities. Physics. – 2010. – No. 12/2. – S. 63–69.

3 **Kuznecov, G. V.** Matematicheskoe modelirovanie processov teplovlagoperenosa v teplovoj izolyacii truboprovodov [Kuznetsov, G. V. Mathematical modeling of heat and moisture transfer processes in thermal insulation of pipelines] [Text] // Energy saving and water treatment. – 2007. – No. 6. – P. 37–39.

4 **Ivanov, V. V.** Vliyanie uvlazhneniya izolyacii i grunta na teplovye poteri podzemnyh teplotrass [Ivanov, V. V. Influence of humidification of insulation and

soil on heat losses of underground heating mains / V. V. Ivanov, N. V. Bukarov, V. V. Vasilenko] [Text] // Heat supply news. – 2002. – No. 7. – P. 32–33.

5 I**onin, A. A., Hlybov, B. M., Bratenkov, V. N., Terleckaya E. N.** Teplosnabzhenie [Ionin A. A., Khlybov B. M., Bratenkov V. N., Terletskaya E. N. Heat supply] [Text] // – M. : Stroyizdat, 182. – 336 p.

6 **Nemova, T. N., Lezhneva, Yu. A., Cvetkov, N. A., Alekseeva, E. G.** Vliyanie izmeneniya teploprovodnosti teploizolyacionnyh materialov na teplovye poteri magistral'nyh truboprovodov [Nemova T. N., Lezhneva Yu. A., Tsvetkov N. A., Alekseeva E. G. Influence of changes in the thermal conductivity of heat-insulating materials on the heat losses of main pipelines] [Text] // TGASU Bulletin/ – 2016. No. 5 (58). S. 151–160.

7 **Gusev, B. V.** Teploprovodnost' mineralovatnyh plit v usloviyah ekspluatacionnyh vozdejstvij [B. V. Gusev, V. A. Ezersky, P. V. Monastyrev Thermal conductivity of mineral wool slabs under operating conditions] [Text] // Prom. and citizen construction. – 2005. – No. 1. – P. 48 – 49.

8 **YArcev, V. P.** Vliyanie silovyh i atmosfernyh vozdejstvij na teplofizicheskie harakteristiki mineralovatnyh plit [Yartsev, V. P., Dorofeev A. M. Influence of force and atmospheric influences on the thermophysical characteristics of mineral wool slabs] [Text] // Roof. and insulating materials. – 2010. – No. 4. – P. 14 – 15.

9 Kinzhibekova, A. K., Nikiforov, A. S., Prihod'ko, E. V. Vliyanie temperaturnyh deformacij kladki na teplovye poteri teploispol'zuyushchih agregatov. [Kinzhibekova A.K., Nikiforov A.S., Prikhodko E.V. Influence of thermal deformations of masonry on heat losses of heat-using units] [Text] // Industrial power engineering. No. 12. 2007. p. 34 – 35.

10 **Kinzhibekova, A. K**. Issledovanie teplovoj raboty obmurovki kotel'nyh agregatov [Kinzhibekova A.K. Investigation of the thermal work of the lining of boiler units] [Text] // Vestnik InEU. 2006. – № 2. S. 111–115.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Е. В. Оришевская[1], Е. В. Приходько[2], А. Б. Бояндинова[3],
Е. А. Пешеходова[4], Г. А. Айтмагамбетова[5]

Жылу жүйесінің тежеу материалдарын жылу өткізгіштік коэффициенті арқылы өлшеуді талдау фактор пайдалану

[1,2,4,5]Торайғыров университеті,
ҚазақстанРеспубликасы, Павлодар қ;
[3]«Еуроазиаттық энергетикалық корпорациясы» АҚ, Ақсу қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

E. V. Orishevskaya[1], E. V. Prikhodko[2], A. B. Boyandinova[3],
E. A. Peshekhodova[4], G. A. Aytmagambetova[5]

Analysis of heat networks insulation's thermal conductivity coefficient changes depending on operating factors

[1,2,4,5]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[3]«Euroasian Energy Corporation» JSC,
Republic of Kazakhstan, Aksu.
Material received on 11.12.20.

Мақалада жылу жүйесінің талшылық бойынша жылуоқшаулығыш өлшеу коэффициентіне талдау жасалады.

Талдауға қанағаттарлықсыз жағдайда жылу оқшауламасы жылу жүйесінің телімі таңдаған болған, бірақ ол пайдалануда тұрған болды. Құбырдың әртүрлі учаскесінде, сондай-ақ жаңа минералды мақтаға жылу өткізгіштіктің оқшаулауына коэффициенттік өлшеулеріне өткізген болған. Алынған деректердің негізінде жылу өткізгіштегі коэффициенттің өзгертуы туралы және минералды мақтаның қалындығына, жылу жүйесінің бетінен жарамды жылу шығындардан есептеу өндірілген болды. Есептеулер көрсетті: құбыр беруші үшін пайдалану кезінде 7,8 есе және 6,1 есе – керісінше үшін жылу ысыраптары асып кетіп жүріп жатыр.

Кілтті сөздер: жылу шығындары, жылу оқшаулауы, жылу жүйесі.

The article analyzes changes in the coefficient of thermal conductivity of fibrous heat-insulating materials of heat networks depending on the influence of operational factors on them.

The operational section of the heat network with unsatisfactory state of thermal insulation was selected for the analysis. Thermal conductivity coefficient of insulation of various sections of the pipeline, as well as new mineral wool, was measured.

Based on the data obtained on changes in the thermal conductivity coefficient and the thickness of mineral wool, the actual heat losses from the surface of the heat network were calculated. Calculations have shown that during operation, the heat loss for the supply pipeline is exceeded by 7, 8 times and 6,1 times for the return pipeline.

Keywords: heat losses, thermal insulation, heat networks.

SRSTI 45.41.31

https://doi.org/10.48081/CABD3590

L. A. Payuk[1], N. A. Voronina[2], I. A. Rozayev[3], A. D. Umurzakova[4], A. T. Zhumagazhinov[5]

[1,2,3]Division for Power and Electrical Engineering National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation;

[4,5]Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Republic of Kazakhstan

THE APPLICATION OF VIBRATIONAL-ROTATIONAL OPERATION MODE IN VIBRATORY DRIVE

In this paper an analysis of the resultant flux linkage vector ψ0 of double-way feed motor (DFM) in the vibrational-rotational mode is shown. It is used for vibration-based diagnostics of various equipment with AC drives. In the case of using DFM in the vibrational-rotational mode the accuracy of motion law implementation is higher than using the standart induction motor. The results of research obtained with the help of a mathematical model of the DFM that allows to explore the special operating modes such as oscillating, polyharmonical, vibrational-rotational and creeping speed ones. The urgency of DFM operational mode and its practical significance as a method of control for vibration-based diagnostics systems are also given herein. The influence of the load parameters on the dynamic parameters of the executive vibratory drive is shown.

Keywords: vibrational-rotational operation mode, vibration-based diagnostic, double-way feed motor, resultant flux linkage vector, damping torque, transient time.

Introduction

In modern industry many manufacturing processes are often accompanied by an intermediate estimation of product quality. In this regard, particular importance obtain the vibration-based diagnostic methods that enable to detect defects on the surface and also inside the product. Experience shows that the correct estimation organization and skillful using of different monitoring methods allow identify and assess the possibility of defects in testable objects with the high reliability [7]. One of the most widespread methods of testing a various equipment is vibration-based diagnostic. Some application areas of this method listed below:

– control and monitoring of the rotating equipment,

– test diagnostics and centering of cars,

– balancing of motors on the place of operation,

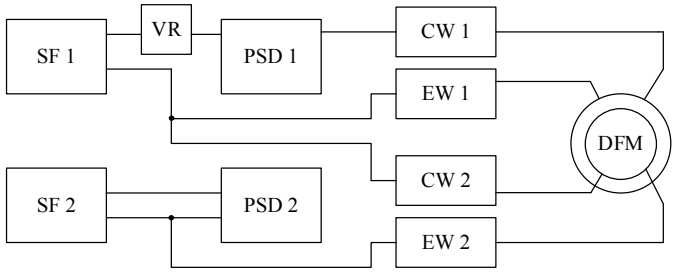
– diagnostics of rolling bearings,

– diagnostics of mechanical transfers,

– diagnostics of electrical motors.

The application of vibrational-rotational operation mode in vibratory drive. There are many requirements which is imposed to vibrational equipment, namely: vibration amplitude, vibration frequency, accuracy and many others [2, 3, 4, 6, 8 and 10]. In vibratory diagnostic platform for forming fluctuations, it is possible to use the oscillation generator based on DFM that operate in vibrational-rotational mode. Feature of the implementation of this mode is that stator windings are powered by currents of one frequency and the rotor windings are powered by currents of different frequencies or vice versa [3, 10]. In this article, the way of formation of a vibrational-rotational operation mode on the example of DFM is offered (figure 1). Experiments results at the different inclusions of magnetic fields are presented. The analysis of influence of load parameters on dynamic parameters of the executive motor was carried out. It is known that DFM is universal and has high output performance [1, 5].

Here SF1, SF2 – power supply feeders; PSD1, PSD2 – phase shifter devices; CW1, CW2 – control windings; EW1, EW2 – excitation windings, DFM – double-way feed motor, VR – voltage regulator. From power supply feeders (Current or Voltage) signal arrives to phase shifter devices, which creates a difference between frequencies in stator or rotor windings. Then the signal is divided on control windings and excitation windings. These windings form control of stator and rotor in double-way feed motor. At the same time, there is a rotating electromagnetic field from the stator and the shaking electromagnetic field from a rotor. Double-way feed motor represents the two-section in one motor case and can be considered as the motor with an additional fault tolerance reserve. In DFM using special control algorithms with implementation timely state control is possible [9].



A

Figure 1 – Structural scheme of electric drive with DFM in vibrational-rotational operational mode

At vibrational-rotational operation mode of DFM the following ratios are fair: $\omega_1=\omega_2=\omega_3=\omega$. At a ratio of initial phase shifts of the feeding currents (voltages)

$\alpha=\gamma=\varphi=0$, $\beta=\frac{\pi}{2}$, the ratio will take a form $\omega_4=\omega`$.

Equations of flux linkage for stator and rotor windings in the transformed coordinate system with accepted assumptions at vibrational-rotational operation mode of DFM take a form (1):

$$\begin{aligned}
&\psi_{\alpha s}=\psi_{ms}\sin(\omega t);\\
&\psi_{\beta s}=\psi_{ms}\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right);\\
&\psi_{\alpha r}=\psi_{mr}\sin(\omega t)\cos\chi+\psi_{mr}\sin(\omega` t)\sin\chi;\\
&\psi_{\beta r}=-\psi_{mr}\sin(\omega t)\sin\chi+\psi_{mr}\sin(\omega` t)\cos\chi.
\end{aligned} \qquad (1)$$

Where: ψ_{ms},ψ_{mr} – amplitude values of stator and rotor windings flux linkages; t- time; ω, ω` – angular rotation frequencies of magnetic fields of stator and rotor on axes α and β; ω≠ω ; χ – law of the movement of a movable element of the executive motor.

Equations for squares of a real and imaginary part of the generalized flux linkage vector take a form (2):

$$\begin{aligned}
&\psi_\alpha^2=\left(\psi_{ms}\sin(\omega t)+\left(\psi_{mr}\sin(\omega t)\cos\chi+\psi_{mr}\sin(\omega` t)\sin\chi\right)\right)^2=\\
&=\left(\psi_{ms}\left(\sin(\omega t)+\mu(\sin(\omega t)\cos\chi+\sin(\omega` t)\sin\chi)\right)\right)^2,\\
&\psi_\beta^2=\left(\psi_{ms}\cos(\omega t)-\left(\psi_{mr}\sin(\omega t)\sin\chi+\psi_{mr}\sin(\omega` t)\cos\chi\right)\right)^2=\\
&=\left(\psi_{ms}\left(\cos(\omega t)-\mu(\sin(\omega t)\sin\chi+\sin(\omega` t)\cos\chi)\right)\right)^2,
\end{aligned} \qquad (2)$$

Where: $\mu=\psi_{ar}/\psi_{as}$ – relation between the flux linkages of stator and rotor on an axis α.

Equation of resultant flux linkage vector at vibrational-rotational operation mode (3):

$$\begin{aligned}
\psi&=\sqrt{\left(\psi_{ms}\left(\sin(\omega t)+\mu(\sin(\omega t)\cos\chi+\sin(\omega` t)\sin\chi)\right)\right)^2+}\\
&\overline{+\left(\psi_{ms}\left(\cos(\omega t)-\mu(\sin(\omega t)\sin\chi+\sin(\omega` t)\cos\chi)\right)\right)^2}=\\
&=\psi_{ms}\sqrt{\left(\sin(\omega t)+\mu(\sin(\omega t)\cos\chi+\sin(\omega` t)\sin\chi)\right)^2+}\\
&\overline{+\left(\cos(\omega t)-\mu(\sin(\omega t)\sin\chi+\sin(\omega` t)\cos\chi)\right)^2}.
\end{aligned} \qquad (3)$$

Equation for the law of movement of a spatial vector of flux linkage in an air gap at vibrational-rotational operation mode (4):

$$\begin{aligned}
\chi_0&=\operatorname{arctg}\left(\frac{\psi_{ms}\cos(\omega t)-\psi_{mr}\sin(\omega t)\sin\chi+\psi_{mr}\sin(\omega` t)\cos\chi}{\psi_{ms}\cdot\sin(\omega t)+\psi_{mr}\sin(\omega t)\cos\chi+\psi_{mr}\sin(\omega` t)\sin\chi}\right)=\\
&=\operatorname{arctg}\left(\frac{\cos(\omega t)-\mu(\sin(\omega t)\sin\chi+\sin(\omega` t)\cos\chi)}{\sin(\omega t)+\mu(\sin(\omega t)\cos\chi+\sin(\omega` t)\sin\chi)}\right).
\end{aligned} \qquad (4)$$

Hodograph of a resultant vector of flux linkage are given below (figure 2) at feeding the windings of the stator and a rotor from current source and voltage source.

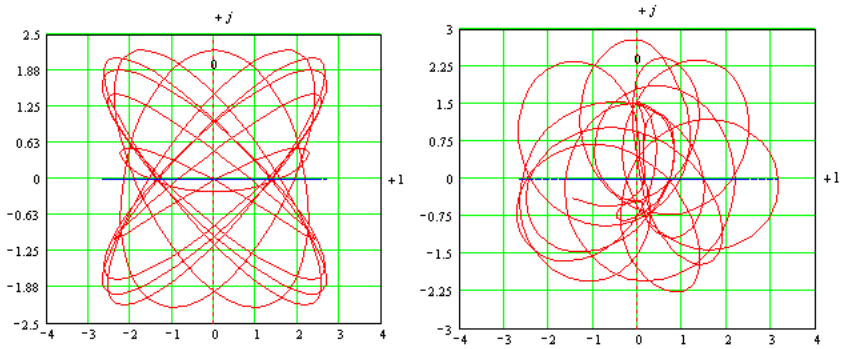


Figure 2 – Hodographs of a resultant vector of flux linkages ψ_0 at feeding the windings of the stator and a rotor: a) from current source b) from voltage source, at $\omega_1=\omega_2=\omega_3=1$; $\omega_4=1{,}1$

At vibrational-rotational operation mode the hodographs of the generalized resultant flux linkage vector ψ_0 (figure 2) represent fluctuations of the rotating magnetic field around the point 0.

This mode is realized at creation of the rotating electromagnetic field from the stator, and an oscillatory electromagnetic field from a rotor.

Vibrational-rotational operation mode in DFM can be created in two cases:

1. Creation of the vibration mode from a rotor – $\gamma_1=\gamma_2=1$; $\gamma_3=\gamma_4=1{,}225$; $\omega_1=\omega_2=\omega_3=1$; $\omega_4=1{,}1$; $\alpha=\gamma=\varphi=0$, $\beta=\frac{\pi}{2}$.

Voltages on plugs of windings of the stator and a rotor in the transformed axes α,β,0 the following form (5):

$$\begin{aligned} U_{\alpha s} &= U_{ms}\sin(\omega t);\\ U_{\beta s} &= U_{ms}\sin(\omega t+\beta);\\ U_{\alpha r} &= U_{mr}\sin(\omega t)\cos\chi + U_{mr}\sin(\omega' t)\sin\chi;\\ U_{\beta r} &= -U_{mr}\sin(\omega t)\sin\chi + U_{mr}\sin(\omega' t)\cos\chi. \end{aligned} \quad (5)$$

2. Creation of the vibration mode from a stator – $\gamma_1=\gamma_2=1$; $\gamma_3=\gamma_4=1{,}225$; $\omega_1=\omega_3=4_3=1$; $\omega_2=1{,}1$; $\alpha=\beta=\gamma=0$, $\varphi=\frac{\pi}{2}$.

Voltages on plugs of windings of the stator and a rotor in the transformed axes α, β, 0 the following form (6):

$$\begin{aligned} U_{\alpha s} &= U_{ms}\sin(\omega t);\\ U_{\beta s} &= U_{ms}\sin(\omega' t);\\ U_{\alpha r} &= U_{mr}\sin(\omega t)\cos\chi + U_{mr}\sin(\omega t+\varphi)\sin\chi;\\ U_{\beta r} &= -U_{mr}\sin(\omega t)\sin\chi + U_{mr}\sin(\omega t+\varphi)\cos\chi. \end{aligned} \quad (6)$$

Gabriel's Krone equations [3], which describe transformations of energy in the electrical machine, are the basis for the DFM mathematical model. They are the system of the differential equations consisting of the equations of voltages and the equation of the movement of a movable element of the executive motor, at the standard assumptions for electric vibratory drives [5, 6]. The mathematical model describing processes in DFM is written down concerning currents of the stator and a rotor of the motor in axes α, β, 0 in an iterative form, under zero initial conditions. The model is executed on the basis of the induction motor with a phase rotor of type 4AK160S8У3 with IP44 protection and the synchronous rotating speed n=750 rpm, P2=5,5 [kW]. This model allows to investigate the transient processes in DFM at different operation modes [5].

Shown the electromagnetic moment of the motor and the law of the movement of a movable element of the executive motor of figure 3 at different methods of forming the vibrational-rotational operation mode as results of modeling. Curves of figure 3 are received at the following load parameters: J_n= 63,34 r.u., C_m=*0* r.u., R_g=4 r.u.

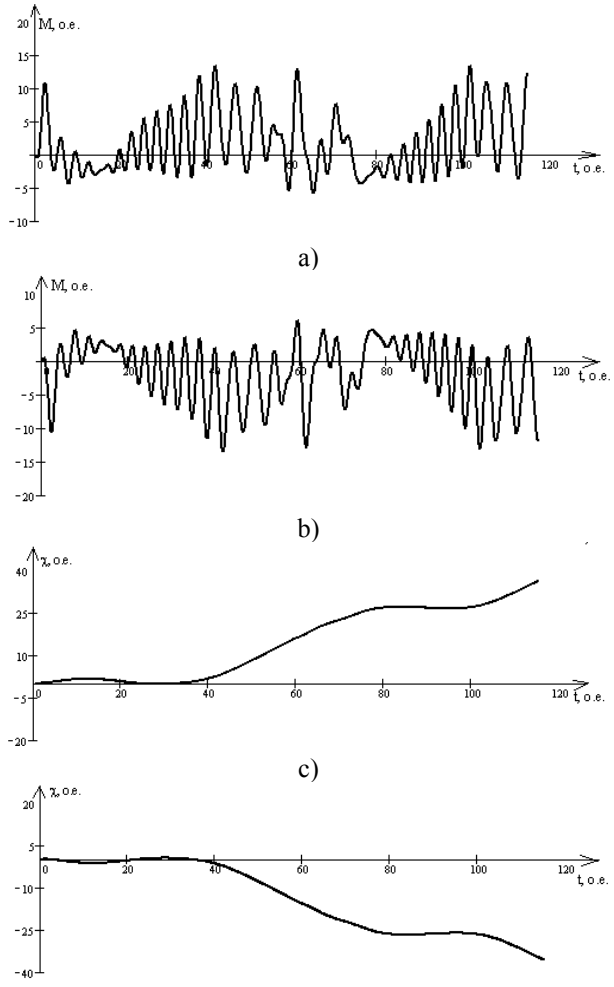


Figure 3 – Timing diagram: a, b) of electromagnetic moment; c, d) the law of movement at different methods of forming the vibrational-rotational operation mode

Behavior of change of the law of the movement of a movable element of the executive motor from time is same as during creation of the oscillatory electromagnetic field from a secondary element, and from primary element. At the same time it is overlap of a rotation field on an oscillatory field and has a vibration amplitude χm=4 r.u. It is necessary to add that in independence from a formation method of an oscillating field a modulation of the electromagnetic moment is created.

For a vibrational-rotational operation mode changeable load parameters are load inertia moment J_n and load damping torque coefficient R_g. In Figure 4. the diagram of transient time ($\tau_{пп}$) from load parameters.

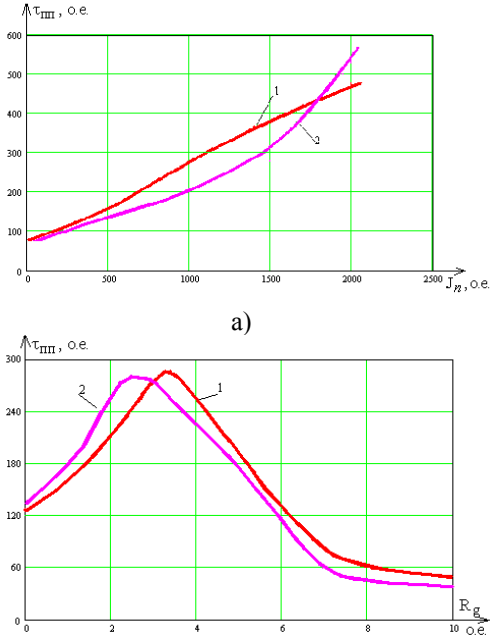


Figure 4 – Diagram of transient time from: a) load inertia moment J_n;
б) коэффициента load damping torque coefficient R_g

On the given diagrams (figure 4) the following designations are accepted: 1 – creation of the oscillatory field from a rotor; 2 – creation of the oscillatory field from the stator. In a vibrational-rotational operation mode, the transient time increases considerably. From figure 4. the transient time at the changing load damping torque coefficient has a resonance peak in points R_{g1}=3,5 and R_{g2}=2,5. During creation of the oscillatory field from a rotor and from the stator, respectively.

Conclusion

1 Change of load inertia moment J_n leads to increasing of transient time $\tau_{пп}$ what means that influence of this load parameter are significant.

2 Change of load damping torque coefficient Rg leads to reduction of transient time and to existence of resonance peak at concordant inclusion of electromagnetic fields in independence from side of formation the oscillatory field.

3 Practical application of DFM in vibrational equipment as a method element of a non-destructive testing perhaps if oscillation frequency does not exceed 10 Hz, and amplitudes of the feeding currents (voltages) shall not differ more than for 25 %.

References

1 **Payuk, L. A., Voronina, N. A., Galtseva, O. V.** Energy Characteristics of Electric Drive of Oscillatory Motion at the Shock-Free Start Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Vol. 671 (1).

2 **Aristov, A.**, **Ekkert, I.** 2016 RF Patent № 2592080.

3 **Aristov, A., Voronina, N.** 2009 RF Patent № 88874.

4 **Aristov, A., Payuk, L.** 2009 RF Patent № 90277.

5 **Aristov, A. V.** The electric drive of oscillating motion with double-way feed motor. Tomsk, TPU Publ., 2000. 176 p.

6 **Petrov, I. I., Meistel, A. M.** Special operation modes of induction drives. Moskow, [Энергия], 1968. 264 p.

7 **Kashubsky, N. V.** Methods of nondestructive control. Nondestructive control methods of materials and products [Electronic resource] / Kashubsky N. V, Selskiy A. A., Smolin A. U. – Krasnoyarsk: IPKSFU, 2009.

8 **Aristov, A. V., Voronina, N. A.** The analysis of positioning accuracy of the two-phase induction motor in the mode of discontinuous movement Bulletin of the Tomsk Polytechnic University.Vol. 322, № 4, 2013. – P. 116–120.

9 **Odnokopylov, G. I**. Formation of failure matrix and failure-free control algorithm for multi-sectioned Switched-reluctance drive [Electronic resource] / G. I. Odnokopylov, I. Rozayev //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2014. – Vol. 66: 20th International Conference for Students and Young Scientists: Modern Techniques and Technologies (MTT'2014), Tomsk, Russia, 14–18 April 2014. – [012035, 6 p.].

10 **Voronina, N. A., Umurzakova, A. D., Payuk, L. A., Hatsevsky, K. V.** Issledovaniye elektroprivoda s preryvistym zakonom dvizheniya [Research of an electric drive with an intermittent law of motion] // Omsk Scientific Bulletin. № 2 (170), 2020 – P. 47–51.

Material received on 11.12.20.

Л. А. Паюк[1], Н. А. Воронина[2], И. А. Розаев[3],
А. Д. Умурзакова[4], А. Т. Жумагажинов[5]

Дірілдеткіш жетекте тербелмелі-айналмалы жұмыс режимін қолдану

[1,2,3] Томск политехникалық университеті
Ресей Федерациясы, Томск қ.;
[4,5] Инновациялық Еуразия университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

Л. А. Паюк[1], Н. А. Воронина[2], И. А. Розаев[3],
А. Д. Умурзакова[4], А. Т. Жумагажинов[5]

Применение колебательно-вращательного режима работы в виброприводе

[1,2,3]Томский политехнический университет
Российская Федерация, г. Томск;
[4,5]Инновационный Евразийский университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Бұл жұмыста әртүрлі жабдықтардың дірілді диагностикасы үшін айнымалы ток электр жетегінің тербелмелі-айналмалы жұмыс режимін жүзеге асыру кезінде қос қуат беру машинасының ψ0 ағынның векторына талдау жасалды. Тербелмелі-айналмалы режимде жұмыс істейтін атқарушы қозғалтқыш ретінде қос қуатты машина жағдайында сериялық асинхронды қозғалтқышты пайдаланғанға қарағанда қозғалыс заңын пысықтау дәлдігі жоғары екендігі көрсетілген. Зерттеу нәтижелері осындай электромеханикалық энергия түрлендіргішінің арнайы жұмыс режимдерін, атап айтқанда: тербелмелі, полимармоникалық, тербелмелі-айналмалы және қозғалатын жылдамдықты зерттеуге мүмкіндік беретін қос қуатты машинаның математикалық моделін қолдана отырып алынды. Электр жетегінің осы режимінің өзектілігі және оның Бақылау әдісі ретінде дірілді диагностика жүйелері үшін тәжірибелік маңыздылығы негізделген. Діріл электр жетегінің атқарушы электр қозғалтқышының динамикалық көрсеткіштеріне жүктеме параметрлерінің әсеріне талдау жүргізілді

Кілтті сөздер: вибрациялық-айналмалы жұмыс режимі, дірілге негізделген диагностикалық, екі жақты қозғалтқыш, ағынды байланыстыратын вектор, демпфер моменті, өтпелі уақыт.

В данной работе был проведен анализ результирующего вектора потокосцепления ψ0 машины двойного питания (МДП) при реализации колебательно-вращательного режима работы электропривода переменного тока для вибродиагностики различного оборудования. Показано, что в случае с МДП, как исполнительного двигателя, работающего в колебательно-вращательном режиме точность отработки закона движения выше, чем при использовании серийного асинхронного двигателя. Результаты исследования получены при помощи математической модели МДП, которая позволяет исследовать специальные режимы работы такого электромеханического преобразователя энергии, а именно: колебательного, полигармонического, колебательно-вращательного и ползучей скорости. Обоснована актуальность данного режима работы электропривода и его практическая значимость для систем вибродиагностики, как метода контроля. Проведен анализ влияния параметров нагрузки на динамические показатели исполнительного электродвигателя вибрационного электропривода

Ключевые слова: вибрационно-вращательный режим работы, диагностика на основе вибрации, двигатель двусторонней подачи, результирующий вектор потокосцепления, демпфирующий момент, переходное время.

МРНТИ 50.01.73; 50.05.09

https://doi.org/10.48081/UBTG9553

В. В. Рындин[1], А. А. Олейник[2],
Ш. Г. Гасымов[3], Ю. П. Макушев[4]
[1,2,3]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;
[4]Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Российская Федерация, г. Омск

ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММЫ MATHCAD В СИСТЕМУ ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСТАНА

В статье рассмотрены преимущества и основные отличия системы (пакета) Mathcad фирмы MathSoft от аналогов. Использование Mathcad позволяет писать примечания к расчётам вдвое быстрее, но реальная ценность этого приложения – в возможности проверки и отладки любых программ за меньший промежуток времени. Всё это позволяет считать MathCAD одной из лучших расчётных программ для образовательной сферы. Внедрение системы MathCAD в учебный процесс так же актуально, как использование калькулятора в расчётах, редактора формул MathType – для оформления статей и дипломных проектов, AutoCAD – при выполнении графических работ. Основной идеей статьи является внедрение программного блока MathCAD в систему образования Казахстана. Даётся обоснование необходимости внедрения этой программы в учебный процесс. Предлагается в стандарт образования ввести обязательное изучение программы MathCAD на третьем курсе в первом семестре, а во втором семестре студенты должны получать проекты на закрепление знаний по использованию расчётной системы MathCAD. На четвёртом курсе все расчёты в курсовых и дипломных работах должны строго выполняться с применением MathCAD, что позволит ввести контроль правильности выполнения расчётов.

Ключевые слова: MathCAD 14, MathCAD 15, внедрение в систему образования, актуальность расчётных программ.

Введение

С ростом объёма знаний возникает потребность в совершенствовании устройств для их получения, обработки, анализа, визуализации, накопления и

т. п. Для ускорения расчётов применялись счёты, логарифмические линейки, арифмометры, а сейчас применяются электронные калькуляторы. Для увеличения скорости набора текста применялись механические и электрические клавишные машинки с одним шрифтом. Сейчас используется компьютерный набор текста в программе Word с множеством шрифтов (порядка 100) и математических символов. Если раньше чертежи выполнялись вручную, то сейчас для этого используются специальные программы AutoCAD, NanoCAD, КОМПАС и др. Что набор формул в Word, что разработка чертежей с использованием САПР, требуют специального изучения этих программ в специальных учебных курсах, вводимых типовыми или специальными учебными программами. Дипломные проекты проходят нормоконтроль с учётом выполнения записки в Word, а чертежей с использованием САПР, и это безоговорочно принимается и студентами, и преподавателями.

Что касается расчётов, то их требуется проводить с использованием калькуляторов. Однако во многих случаях требуется многократный (для составления таблиц и построения графиков) расчёт для совокупности сложных формул. Что затруднительно и мало пригодно для практики, сам преподаватель не в состоянии проверить такие расчёты с помощь. калькулятора. В результате расчётная часть проекта фактически не проверяется и нет никакой гарантии, что расчёты выполнены верно, без подгонки.

Для сложных расчётов составляются специальные программы путём программирования в средах Fortran, Excel, Turbo Pascal, Delphi и др. Не представляется возможным для каждой курсовой работы, а тем боле диплома, составить такие программы. Нужна такая программа (математический пакет), которая позволяла бы просто и наглядно вводить формулы с теми же символами, что и в исходных выражениях. Такой программой является новая математическая программа, входящая в математический пакет MathCAD. Таким образом, задача внедрения этой программы в учебный процесс актуальна. Литература по использованию системы MathCAD обширна (сотни изданий). В качестве примера можно отметить работы [1–3].

В статье представлена идея внедрения системы MathCAD в систему образования Казахстана, как в своё время были внедрены Word и САПР. Программа MathCAD широко внедряется на кафедре «Механика и нефтегазовое дело» НАО «Торайгыров университет»: выполняются курсовые и дипломные проекты, получено 7 актов внедрения расчётов в системе MathCAD в дипломное проектирование. По результатам расчётов опубликованы статьи и монография [4–14].

Материалы и методы

Mathcad содержит текстовый и формульный редактор, вычислитель, средства научной и деловой графики, а также огромную базу справочной

информации, как математической, так и инженерной, оформленной в виде встроенного в MathCAD справочника, комплекта электронных книг и обычных «бумажных» книг, в том числе и на русском языке. Для практического ознакомления с работой в системе MathCAD ниже приведён пример выполнения задания по дисциплине «Статистические методы обработки экспериментальных данных».

Задание: по результатам измерения толщины фильтрационной корки глинистого раствора определить: среднее арифметическое значение толщины корки; доверительный интервал, в котором лежит среднее значение; построить гистограмму и полигон относительных частот.

Согласно серии измерений, толщина b_i фильтрационной корки глинистого раствора составляет, мм:

4.5 4 3.3 3.3 4.7 2.6 4.9 4.6 2.1 4.7 4.7 3.4 2.1 2.4 2.8 4 2.7

Число членов выборки (число опытных данных) **N := 34**

(здесь использован знак присваивания «**:=**» двоеточие равно, который автоматически появляется при нажатии клавиши с двоеточием «**:**»).

Расставляем члены выборки в порядке возрастания их значений, присваивая им соответствующие индексы (все индексы матричные и набираются при нажатии клавиши с символом «**[**» – открывающаяся квадратная скобка)

b_1 := 2.1 b_2 := 2.1 b_3 := 2.1 b_4 := 2.1 b_5 := 2.2 b_6 := 2.2
b_7 := 2.3 b_8:= 2.4 b_9 := 2.4 b_{10} := 2.5 b_{11} := 2.5 b_{12} := 2.6
b_{13} := 2.7 b_{14}:= 2.8 b_{15} := 3.2 b_{16} := 3.3 b_{17} := 3.3 b_{18} := 3.3
b_{19} := 3.4 b_{20} := 3.4 b_{21} := 3.7 b_{22} := 3.7 b_{23} := 3.8 b_{24} := 4
b_{25} := 4 b_{26} := 4 b_{27} := 4.2 b_{28} := 4.5 b_{29} := 4.6 b_{30} := 4.7
b_{31} := 4.7 b_{32} := 4.7 b_{33}:= 4.8 b_{34} := 4.9.

Из этого ряда выбираем максимальное и минимальное значения:

b_{max} := 4.9 b_{min} := 2.1.

Размах варьирования **R := b_{max} − b_{min} = 2.8.**

Выбираем число частичных интервалов, на которое удобно делить R (в диапазоне 4–8) **k := 7.**

Длина частичного интервала $\Delta := \frac{R}{k} = 0.4$.

Задаём номера членов в выборке от 1 до 34: **i := 1..34** .

Знак множества двоеточие «**..**» набирается при нажатии клавиши с символом «**;**» (точка с запятой).

Для нумерации 1-й ячейки матрицы (таблицы) с единицы (по умолчанию с нуля) необходимо написать **ORIGIN := 1.**

Проверяем (автоматически) максимальное и минимальное значения толщины корки с помощью встроенных функций:

b_{max} := max(b) = 4.9 b_{min} := min(b) = 2.1.

(следует отметить, что Mathcad позволяет постоянно контролировать правильность набора формул и вычислений путём вывода на экран каждого промежуточного результата расчёта, что важно при расчётах).

В статистике для большого числа измерений для облегчения расчётов весь диапазон чисел разбивают на ряд интервалов (в нашем случае число таких интервалов принято **k = 7**), для каждого из которых определяют средние значения, и далее работают не со всеми вариантами (**N = 34**), а с числом **k = 7** (выделенное относится к Mathcad, а не к тексту).

Присваиваем каждому интервалу номера от 1 до 7: **j := 1..7**.

Определяем середины интервалов **bcp_j** и подсчитываем число членов **n_j** в каждом интервале длиной Δ = 0.4 (здесь индекс **j** набирается после нажатия клавиши с символом «**[**«).

Первый интервал (2.1–2.5) охватывает все величины со значениями от 2,1 до значения 2,1 + Δ = 2,1 + 0,4 =2,5

b_1 := 2.1 b_2 := 2.1 b_3 := 2.1 b_4 := 2.1 b_5 := 2.2 b_6 := 2.2
b_7 := 2.3 b_8:= 2.4 b_9 := 2.4 b_{10} := 2.5 b_{11} := 2.5.

В первом интервале оказывается 11 членов **n_1 := 11**.

Среднее значение интервала находим по первому и последнему члену интервала **bcp_j := 0.5·(2.1+2.5) = 2.3** (знак умножения перед скобкой набирается одновременным нажатием клавиш Shift+8)

Проверяем **bcp_1 = 2.3**.

Второй интервал (2.5–2.9) Δ = 0.4

bcp_2 := 0.5·(2.5+2.9) = 2.7 или bcp_2 := bcp_1 + Δ = 2.7.

Число членов интервала **b_{12} := 2.6 b_{13} := 2.7 b_{14}:= 2.8 n_2 := 3**.

Третий интервал (2,9–3,3) **bcp_3 := bcp_2 + Δ = 3.1**.

b_{15} := 3.2 b_{16} := 3.3 b_{17} := 3.3 b_{18} := 3.3 n_3 := 4.

Четвёртый интервал (3.3–3,7) **bcp_4 := bcp_3 + Δ = 3.5**.

b_{19} := 3.4 b_{20} := 3.4 b_{21} := 3.7 b_{22} := 3.7 n_4 := 4.

Пятый интервал (3.7–4.1) **bcp_5 := bcp_4 + Δ = 3.9**.

b_{23} := 3.8 b_{24} := 4 b_{25} := 4 b_{26} := 4 n_5 := 4.

Шестой интервал (4.1–4.5) **bcp_6 := bcp_5 + Δ = 4.3**

b_{27} := 4.2 b_{28} := 4.5 n_6 := 2.

Седьмой интервал (4.5–4.9) **bcp_7 := bcp_6 + Δ = 4.7**

b_{29} := 4.6 b_{30} := 4.7 b_{31} := 4.7 b_{32} := 4.7 b_{33}:= 4.8 b_{34} := 4.9 n_7 := 6.

Проверка расчёта числа инвариант в каждом интервале (**N = 34**)

$$\sum_{j=1}^{7} n_j = 34$$

Относительные частоты для каждого интервала $h_j := \frac{n_j}{N}$.

j =	b_{cp_j} =	n_j =	h_j =
1	2.3	11	0.324
2	2.7	3	0.088
3	3.1	4	0.118
4	3.5	4	0.118
5	3.9	4	0.118
6	4.3	2	0.059
7	4.7	6	0.176

Вывод результатов расчёта в виде таблиц (просто пишем равно)

На рисунках 1 и 2 приведены результаты расчёта в виде полигона и гистограммы относительных частот.

Примечание. Для того чтобы назначить двумерному графику тип гистограммы, щёлкнуть два раза левой клавишей по рисунку и в диалоговом окне Formatting (форматирование) установите на вкладке Trace (Графики) тип списка solidbar – сплошные столбики – спл.

Рисунок 1 – Полигон относительности частот в координатах (h, $b_{ср}$)

Среднее арифметическое значение толщины корки при дискретном

задании толщин $b_{ср.дис} := \frac{\sum_{j=1}^{7} b_{cp_j}}{7} = 3.50$ мм.

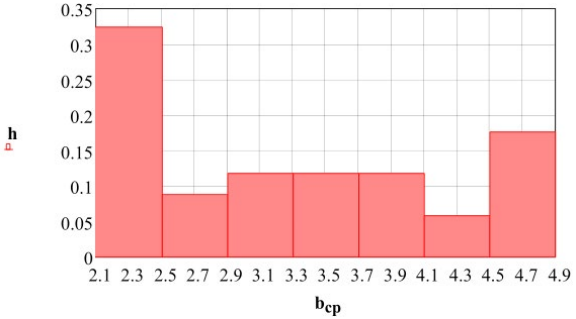


Рисунок 2 – Гистограмма относительных частот

Mathcad позволяет работать с большими массивами чисел. При учёте всех опытных данных среднее арифметическое значение толщины фильтрационной корки

$$b_{ср} := \frac{\sum_{i=1}^{N} b_i}{N} = 3.329 \text{ мм.}$$

Как видим, среднее значение при дискретном задании является менее точным (нематричные индексы типа «ср» набираются после нажатия клавиши с точкой «.»).

Среднее квадратичное отклонение среднего арифметического значения выборки, мм

$$\sigma_{ср.кв} := \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (b_i - b_{ср})^2}{N \cdot (N-1)}} = 0.163110$$

Вводим обозначение σ := $\sigma_{ср.кв}$ = **0.16311**. В прикладных исследованиях доверительная вероятность P = 0,95. В этом случае стандартные границы определяются правилом двух сигм.

Доверительное отклонение от среднего ε := 2 σ = 0.326.

Это значение необходимо округлить. Правило округления:

1 погрешность ΔA (доверительное отклонение ε) необходимо округлять до двух значащих цифр, если первая значащая цифра единица, и до одной значащей цифры во всех остальных случаях;

2 при записи значения A необходимо учитывать все цифры вплоть до последнего десяточного разряда, использованного для записи погрешности.

Согласно пункту 1) округление проводим до первой значащей цифры ε := 0.3. Согласно пункту 2**)** среднее значение $\mathbf{b_{ср} = 3.329}$ также округляем до первой значащей цифры $\mathbf{b_{ср} := 3.3}$ мм.

Границы доверительного интервала

$\mathbf{b_{ср} - \varepsilon = 3.0}$ $\mathbf{b_{ср} + \varepsilon = 3.6}$.

Доверительный интервал, в котором лежит истинное значение b,

$b_{ср} - \varepsilon \le b \le b_{ср} + \varepsilon$; $3.0 \le b \le 3.6$.

Итак, истинное значение измерения толщины b фильтрационной корки глинистого раствора составляет:

$b = b_{ср} \pm 2\sigma = b_{ср} \pm \varepsilon = (3.3 \pm 0.3)$ мм.

Результаты и обсуждение

На рассмотренном примере показана эффективность использования системы Mathcad. Как видно, запись команд в этой системе осуществляется на языке, очень близком к стандартному языку математических расчётов, что упрощает постановку и решение задач. Наряду с этим, MathCAD позволяет легко строить графики с результатами расчётов в виде таблиц, а также ввод исходных данных и вывод результатов в текстовые файлы или файлы с базами данных в других форматах.

В качестве обсуждения преимуществ MathCAD рассмотрим запись программ решения квадратного уравнения в Turbo Pascal [15] и MathCAD.

В Turbo Pascal: **var** a, b, c : real (коэффициенты уравнения);
x1, x2; real (корни уравнения); d : real (дискриминант);
begin
writeln (‘*Решение квадратного уравнения*’);
write (‘Введите значения коэффициентов’);
writeln (‘в одной строке и нажмите <Enter> ‘);
readln (a, b, c); (ввод коэффициентов)
d:=b*b-4*a*c; (вычисление дискриминанта)
if d >= 0 **then** **begin**
x1 := (– b +sqrt (d)) / (2*a);
x2 := (– b – sqrt (d)) / (2*a);
writeln (‘корни уравнения’) writeln (‘x1 =’, x1, ‘x2 =’, x2);
end **else** writeln (‘корней нет’); **end**.

В MathCAD: Решение квадратного уравнения. Задаём значения коэффициентов: a:= 1; b:= 2; c:= 3. Вычисляем дискриминант

d:= $b^2 - 4\ a{\cdot}c = -8$. Поскольку d < 0, уравнение с такими коэффициентами не имеет решения. Если a:= 1; b:= 4; c:= 3, то d:= $b^2 - 4\ a{\cdot}c = 4$. Следовательно, уравнение имеет решения:

$$x_1 := \frac{-b + \sqrt{d}}{2a} = -1 \qquad x_2 := \frac{-b - \sqrt{d}}{2a} = -3$$

Как видим, преимущества MathCAD доказывать не надо, а надо его внедрять в учебный процесс.

Выводы

В статье раскрыты преимущества использования системы MathCAD в учебном процессе. Однако до настоящего времени эта система не нашла повсеместного применения в учебной практике вузов при выполнении различных расчётов. Это обусловлено отсутствием как опыта работы преподавателей в системе MathCAD, так и соответствующих примеров расчёта в этой системе, а также отсутствием министерских требований обязательного использования Mathcad при выполнении курсовых и дипломных работ. В качестве некоторых примеров применения системы MathCAD в учебном процессе ПГУ им. С. Торайгырова можно привести работы [4–14]. К сожалению, популярный во всем мире пакет MathCAD фирмы MathSoft, в Казахстане распространён ещё слабо, как и все программные продукты подобного рода.

Внедрение системы MathCAD в учебный процесс так же актуально, как использование калькулятора в расчётах, редактора формул MathType – для оформления статей и дипломных проектов, AutoCAD – при выполнении графических работ. Использование калькулятора для расчёта сложных формул и в их большом количестве – это вчерашний день, как и ручное выполнение чертёжных проектов. И, если все осознают, что чертить красиво и быстро можно только в автоматических системах, то не многие понимают, что «красиво» считать и проверять результаты расчётов можно только в системе Mathcad, а не с помощью калькуляторов.

В связи с выше изложенным предлагается узаконить выполнение всех расчётных работ (самостоятельных, курсовых и дипломных) в системе Mathcad, хотя бы решением Совета университета.

Список использованных источников

1 **Макаров, Е. Г.** Инженерные расчёты в Mathcad 15 [Текст]. – Спб. : Питер, 2011. – 400 с.

2 **Гриншкун, В. В. Сотникова, О. А.** Особенности информатизации образовательного процесса в инновационном техническом вузе [Текст] // Вестник РУДН. Серия «Информатизация образования». – 2012. – № 3– С. 24–30.

3 **Шушкевич, Г. Ч., Шушкевич, С. В.** Компьютерные технологии в математике. Система Mathcad 14. В 2-х частях [Текст]. – М. : Издательство Гревцова, 2010. – 288 с.

4 **Хайбулина, Р. Ф., Рындин В. В.** Автоматизированный расчёт гидропривода с использованием системы MathCAD [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2010. – № 4. – С. 109–118.

5 **Косынтаева, А. К., Рындин, В. В.** Модернизация ГНПС «Атасу» на нефтепроводе «Атасу» [Текст] // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – 2015. – № 2. – С. 140–148.

6 **Мажимова, Д. Ж., Рындин, В. В.** Применение математической системы Mathcad для расчёта трубопровода Ескене-Курык [Текст] // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – 2015. – № 1. – С. 114–119.

7 **Рындин, В. В., Абитова, Д. М.** Расчёт магистрального нефтепровода по четырём вариантам в системе Mathcad [Текст] // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – 2016. – № 2. – С. 153–162.

8 **Рындин, В. В., Сиюнич, Р. Н.** Исследование и расчёт магистрального нефтепровода в системе Mathcad [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 3–4. – С. 72–84.

9 **Рындин, В. В.** Технологический расчёт магистрального газопровода в системе Mathcad [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 1. – С. 83–95.

10 **Рындин, В. В, Волкова, Л. Ю.** Применение системы Mathcad при статистическом анализе экспериментальных данных [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 4. – С. 6–17.

11 **Рындин, В. В., Шалай, В. В., Макушев, Ю. П.** Расчёт цикла бензинового двигателя в системе Mathcad [Текст] // Вестник СибАДИ. – 2013 – № 6(34). – С. 91–98.

12 **Рындин, В. В., Шалай, В. В., Макушев, Ю. П.** Расчётные исследования кинематики и динамики рядного бензинового двигателя в системе Mathcad [Текст] // Вестник СибАДИ. – 2014 – № 1(35). – С. 97–103.

13 **Макушев, Ю. П., Полякова, Т.А., Рындин, В. В., Токтаганов, Т. Т.** Интегральное и дифференциальное исчисление в приложении к технике [Текст] : Монография. Павлодар, Кереку, 2013, – 330 с. : ил. ISBN 978-601-238-300-3.

14 **Рындин, В. В., Гребенкин, В. В.** Типовой расчёт магистрального нефтепровода в системе Mathcad [Текст] // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства : Материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. (Россия, Омск, 26–29 февр. 2020 г.) – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2020. – С. 103–104.

15 **Культин, Н. Б.** Программирование в Turbo Pascal 7.0 и Delphi [Текст]. – СПб : БХВ-Петербург, 2003. – 416 с.

References

1 **Makarov, Ye. G**. Inzhenernyye raschoty v Mathcad 15. [Makarov, E. G. Engineering Calculations in Mathcad 15] [Текст].– SPb Peter, 2011. – 400 P.

2 **Grinshkun, V. V. Sotnikova, O. A**. Osobennosti informatizatsii obrazovatel'nogo protsessa v innovatsionnom tekhnicheskom vuze. [Grinshkun, V. V. Sotnikova, O. A. Peculiarities of informatization of the educational process in an innovative technical university] [Text] // RUDN Bulletin. Series "Informatization of Education". – 2012. – No. 3. – P. 24–30.

3 **Shushkevich, G. Ch., Shushkevich, S.V**. Komp'yuternyye tekhnologii v matematike. Sistema Mathcad 14. V 2-kh chastyakh. [Shushkevich, G. Ch., Shushkevich, S .V. Computer technologies in mathematics. System Mathcad 14. In 2 parts] [Text]. – M. : Grevtsov Publishing House, 2010. – 288 P.

4 **Khaybulina, R. F., Ryndin, V. V**. Avtomatizirovannyy raschot gidroprivoda s ispol'zovaniyem sistemy MathCAD. [Khaibulina, R. F., Ryndin, V. V. Automated calculation of a hydraulic drive using the MathCAD system] [Text] // Science and technology of Kazakhstan. – 2010. – No. 4. – P. 109–118.

5 **Kosyntayeva, A. K., Ryndin, V .V.** Modernizatsiya GNPS «Atasu» na nefteprovode «Atasu». [Kosyntaeva, A. K., Ryndin, V. V. Modernization of the Atasu oil pumping station at the Atasu oil pipeline] [Text] // Bulletin of PSU. Energy series. – 2015. – No. 2. – P. 140–148.

6 **Mazhimova, D. Zh., Ryndin, V. V.** Primeneniye matematicheskoy sistemy Mathcad dlya raschota truboprovoda Yeskene-Kuryk. [Mazhimova D. Zh., Ryndin, V. V. Application of the Mathcad mathematical system for the calculation of the Eskene-Kuryk pipeline] [Text] // PSU Bulletin. Energy series. – 2015. – No. 1. – P. 114–119.

7 **Ryndin, V. V., Abitova, D. M.** Raschot magistral'nogo nefteprovoda po chetyrom variantam v sisteme Mathcad. [Ryndin V. V., Abitova D. M. Calculation of the main oil pipeline according to four options in the Mathcad system] [Text] // PSU Bulletin. Energy series. – 2016. – No. 2. – P. 153-162.

8 **Ryndin, V. V., Siyunich, R. N**. Issledovaniye i raschot magistral'nogo nefteprovoda v sisteme Mathcad. [Ryndin, V. V., Siyunich, R. N. Research and calculation of the main oil pipeline in the Mathcad system] [Text] // Science and technology of Kazakhstan. – 2017. – No. 3–4. – P. 72–84.

9 **Ryndin, V. V**. Tekhnologicheskiy raschot magistral'nogo gazoprovoda v sisteme Mathcad. [Ryndin, V. V. Technological calculation of the main gas pipeline in the Mathcad system] [Text] // Science and technology of Kazakhstan. – 2018. – No. 1.– P. 83–95.

10 **Ryndin, V. V., Volkova, L. Yu**. Primeneniye sistemy Mathcad pri statisticheskom analize eksperimental'nykh dannykh. [Ryndin, V. V, Volkova, L. Yu. Application of the Mathcad system in the statistical analysis of experimental data] [Text] // Science and technology of Kazakhstan. – 2018. – No. 4. – P. 6–17.

11 **Ryndin, V. V., Shalay, V. V., Makushev, Yu. P**. Raschot tsikla benzinovogo dvigatelya v sisteme Mathcad. [Ryndin, V. V., Shalai, V. V., Makushev, Yu. P. Calculation of the cycle of a gasoline engine in the Mathcad system] [Text] // SibADI Bulletin.- 2013 - № 6 (34). – P. 91–98.

12 **Ryndin, V. V., Shalay, V. V., Makushev, Yu. P**. Raschotnyye issledovaniya kinematiki i dinamiki ryadnogo benzinovogo dvigatelya v sisteme Mathcad. [Ryndin, V. V., Shalay, V. V., Makushev, Yu. P. Computational studies of the kinematics and dynamics of an in-line gasoline engine in the Mathcad system] [Text] // SibADI Bulletin. – 2014 – № 1 (35). – P. 97–103.

13 **Makushev, Yu. P., Polyakova, T.A., Ryndin, V. V., Toktaganov, T. T.** Integral'noye i differentsial'noye ischisleniye v prilozhenii k tekhnike [Makushev, Yu. P., Polyakova, T. A., Ryndin, V. V., Toktaganov, T. T. Integral and differential calculus in application to technology] [Text] : Monograph. Pavlodar, Kereku, 2013, - 330 p. : ill.ISBN 978-601-238-300-3.

14 **Ryndin, V. V., Grebenkin, V. V.** Tipovoy raschot magistral'nogo nefteprovoda v sisteme Mathcad. [Ryndin, V. V., Grebenkin, V. V. Typical calculation of the main oil pipeline in the Mathcad system] [Text] // Technique and technology of petrochemical and oil and gas production: Materials of the 10th Intern. scientific and technical conf. (Russia, Omsk, February 26-29. 2020) – Omsk : Publishing house of OmSTU, 2020. – P. 103–104.

15 **Kul'tin, N. B.** Programmirovaniye v Turbo Pascal 7.0 i Delphi. [Kultin, N.B. Programming in Turbo Pascal 7.0 and Delphi] [Text]. – SPb : BHV-Petersburg, 2003. – 416 p.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

В. В. Рындин[1], А. А. Олейник[2], Ш. Г. Гасымов[3], Ю. П. Макушев[4]

Mathcad бағдарламасын Қазақстанның білім беру жүйесіне енгізу

[1,2,3]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
[4]Сібір мемлекеттік автомобиль және жол Университет,
Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

V. V. Ryndin[1], A. A. Oleynik[2], Sh. G. Gasymov[3], Yu. P. Makushev[4]

The introduction of Mathcad in Kazakhstan's education system

[1,2,3]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[4]Siberian State Automobile and Road University,
Russian Federation, Omsk.

Material received on 11.12.20.

Мақалада MathSoft жүйесінің Mathcad жүйесінің (пакетінің) аналогтарынан артықшылықтары мен негізгі айырмашылықтары қарастырылған Mathcad пайдалану есептеу жазбаларын екі есе жылдам жазуға мүмкіндік береді, бірақ бұл қосымшаның нақты мәні кез – келген бағдарламаны аз уақыт ішінде тексеру және күйін келтіру мүмкіндігі болып табылады. Мұның бәрі MathCAD-ты білім беру саласы үшін ең жақсы есептеу бағдарламаларының бірі деп санауға мүмкіндік береді. MathCAD жүйесін оқу процесіне енгізу есептеулерде калькуляторды, mathtype формула редакторын – мақалалар мен дипломдық жобаларды жобалау үшін, AutoCAD – графикалық жұмыстарды орындау кезінде қолдану сияқты маңызды. Мақаланың негізгі идеясы Қазақстанның білім беру жүйесіне Mathcad бағдарламалық блогын енгізу болып табылады. Бұл бағдарламаны оқу процесіне енгізу қажеттілігіне негіздеме беріледі. Білім беру стандартына бірінші семестрдегі үшінші курста MathCAD бағдарламасын міндетті түрде оқытуды енгізу ұсынылады, ал екінші семестрде студенттер Mathcad есептеу жүйесін қолдану туралы білімдерін бекіту үшін жобалар алуы керек. Төртінші курста курстық және дипломдық жұмыстардағы барлық есептеулер Mathcad көмегімен қатаң орындалуы керек, бұл есептеулердің дұрыстығын бақылауды енгізуге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: MathCAD 14, MathCAD 15, білім беру жүйесіне енгізу, есептеу бағдарламаларының өзектілігі.

The article discusses the advantages and main differences of the Mathcad system (package) by MathSoft from analogues. Using Mathcad allows you to write notes to calculations twice as fast, but the real value of this application is in the ability to check and debug any programs in a shorter period of time. All this makes MathCAD one of the best calculation programs for the educational sphere. The introduction of the MathCAD system in the educational process is as important as the use of a calculator in calculations, the MathType formula editor – for the design of articles and graduation projects, and AutoCAD – when performing graphic works. The main idea of the article is to introduce

the MathCAD program block into the education system of Kazakhstan. The necessity of implementing this program in the educational process is justified. It is proposed that the standard of education introduce mandatory study of the MathCAD program in the third year in the first semester, and in the second semester students should receive projects to consolidate their knowledge on the use of the MathCAD calculation system. In the fourth year, all calculations in term papers and theses must be strictly performed using MathCAD, which will allowenter control over the correctness of calculations.

Keywords: MathCAD 14, MathCAD 15, introduction to the education system, relevance of calculation programs.

МРНТИ 44.29.29

https://doi.org/10.48081/HOEB2455

Р. Ф. Сайфулин, И. В. Брейдо
Карагандинский технический университет, Республика Казахстан,
г. Караганда

АНАЛИЗ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БУФЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Эксплуатация асинхронного электропривода горного производства в регионах Средней и Центральной Азии осложняется тем, что данные объекты находятся в районах удаленных от промышленных сетей. Из-за этого длина линий электропередачи может превышать допустимую и происходит существенное падение напряжения в сети.

В работе разработана модель трехфазного частотно-регулируемого асинхронного электропривода в Simulink Matlab 2019 преобразованная в двухфазную модель. Предложено падение напряжения в сети в пусковых режимах под нагрузкой компенсировать с использованием суперконденсаторов в качестве буферного источника питания, подключенного на выход звена постоянного тока в преобразователе частоты. Выполнено имитационное моделирование при различном питающем напряжении и различных способах подключения блока суперконденсаторов.

Получено, что такой принцип реализации дополнительного источника электрической энергии позволяет осуществлять пуски асинхронных электроприводов в районах, удаленных от промышленных сетей без значимого влияния на их статические и динамические характеристики.

Ключевые слова: Электродвигатель; моделирование; Matlab Simulink; суперконденсатор; качество переходного процесса.

Введение

Исследование работы частотно-регулируемого асинхронного электропривода является весьма актуальной задачей. Как известно, энергетические установки с электрическим приводом в странах Центральной,

Средней Азии, а также Австралии часто находятся в районах удаленных от промышленных электрических сетей. Для таких условий характерны случаи, когда мощность источника электрической энергии становится соизмерима с мощностью электропривода из-за потерь в протяженной сети линий электропередачи [1]. Протяженность длинной линии превышает допустимую из-за чего происходит падение напряжения в промышленных предприятиях. Поэтому появляется необходимость в использовании дополнительных автономных источников электроэнергии, создающих комбинированную систему питания электропривода, либо в использовании различных методов пуска электропривода. К таким способам можно отнести питание от дизельной, газотурбинной электростанции, от автономного трансформатора, реакторный пуск электропривода, использование синхронного генератора. Однако, несмотря на такой широкий выбор методов пуска электропривода в удаленных районах каждый из данных методов несет за собой ряд недостатков.

Материалы и методы

в качестве примера, в работах Anamika Dewangan, Virendra Sharm «SVPWM techniques used for controlling Three-Phase Induction Motor energized by renewable energy source» [2], Ю. В. Шевырёва, Д. А. Моргачёва «Исследование электромагнитной совместимости частотно-регулируемого электропривода буровой установки и источника электроэнергии соизмеримой мощности» [3] используются альтернативные источники энергии, а также дизель-генераторные установки в качестве буферных, однако, данный тип снабжения электрической энергии не является эффективным, как в случае с солнечными батареями, а также экологически полезным и удобным, как в случае дизель-генератора.

Помимо этого предлагается улучшение непосредственно сетей передачи электроэнергии путем использования фильтрокомпенсирующих устройств – Шевырёв Ю. В. «Обоснование и повышение энергетических показателей регулируемых электроприводов буровых установок» [4], но данный способ также не является рациональным из-за сложности реализации идеи, заключающейся в изменении строения существующих систем линий электропередач.

Поэтому для решения данной проблемы предлагается использовать так называемые суперконденсаторы в качестве автономного буферного источника электрической энергии.

Результаты и обсуждение

Суперконденсатор (ионистор, ультраконденсатор) – электрохимическое устройство, которое может запасать значительное количество энергии. Состоит из двух пластин – положительно и отрицательно заряженных, которые помещены в электролит. Во время зарядки суперконденсатора ионы из электролита накапливаются на стенках данного устройства. Ключевое отличие суперконденсатора от аккумулятора это отсутствие химических

реакций, что позволяет им заряжаться и разряжаться в разы быстрее, а также они не подвержены химическому износу, что позволяет использовать их в сотнях тысяч циклов зарядки и разрядки. Данные свойства отлично подходят для электропривода. Наибольшая нагрузка на сеть происходит во время пуска электродвигателя, как раз в этот момент и происходит ее просадка и появляется необходимость в буферном источнике электроэнергии, способном мгновенно выдать определенный объем электрической энергии.

Использование суперконденсаторов в качестве буферных источников энергии рассмотрено в работах Белодедова А. Е., Лысенко О. А. «Создание модели регулируемого привода постоянного тока с блоком суперконденсаторов» [5], Girts Stana, Viesturs Brazis, Peteris Apse-Apsitis «Simulation of Induction Traction Drive with supercapacitor energy storage system test bench» [6], Artan Ndokaj, A. Di Napoli, Giovanni Pede, Manlio Pasquali «Regulation strategy of an Ultracapacitor storage model for a gantry crane» [7], однако, и в данных работах есть ряд вопросов, который не был рассмотрен. В частности во всех случаях оцениваются лишь статические характеристики электропривода, не рассматривается работа двигателя в динамике. Также основной упор в данных работах делается на режим работы рекуперация, не затрагивая пуск двигателя при просадке сети и не оценивая двигатель в динамике. Модели двигателей берутся из стандартной библиотеки Matlab Simulink, которая разработаны с большими допущениями и не совпадают с реальными аналогами, используемыми в промышленности. Помимо этого в работе Malligunta Kiran Kumar, Dhanekula Vallisa Datta, T Vijay Muni «Performance enhancement of Asynchronous Machine with Super Capacitor» [8] блок суперконденсаторов подключается по системе Г-Д, без использования частотного преобразователя, что уменьшает его эффективность.

Таким образом, исследование пусковых режимов работы асинхронного электродвигателя с частотным управлением при дополнительных электропитании от буферных источников является актуальной научно-технической задачей.

Применение суперконденсаторов в звене постоянного тока преобразователя частоты в качестве буферного источника электроэнергии, а также ее накопление в режиме рекуперативного торможения позволит решить вопросы питания энергетических установок в районах удаленных от промышленных сетей, а также позволит экономить электрическую энергию запасая ее во время рекуперации.

В работе применяются метод моделирования асинхронного электропривода на базе пакета программ Matlab Simulink, а также его математическое описание с использованием основных законов физики и операторов Лапласа, также приведен анализ полученных результатов.

В процессе разработки модели был использован способ прямого включения суперконденсатора в звено постоянного тока преобразователя частоты. В дальнейшем планируется использование схема двунаправленного DC-DC преобразователя для полного использования энергии суперконденсатора. Схема подключения представлена на рисунке 1.

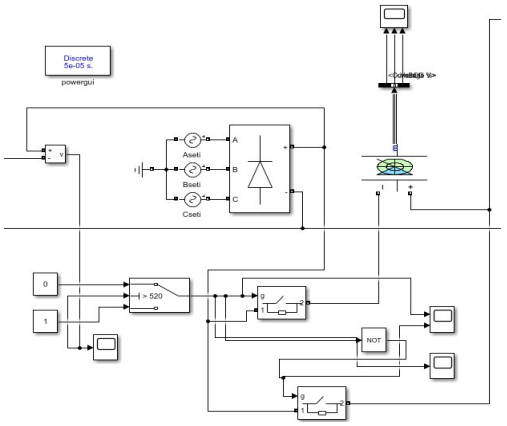


Рисунок 1 – Схема подключения суперконденсатора

На рисунке 1 также изображена схема управления блоком суперконденсатора. Измеряется выпрямленное значение напряжения промышленной сети и сравнивается с заранее заданным. Если в результате сравнения выпрямленное напряжение оказывается больше или равно заданному, то система ключей замыкается напрямую на подсистему инверторов, минуя блок суперконденсатора, а если же значение выпрямленного напряжения промышленной сети оказывается недостаточно, то система ключей подключает блок суперконденсаторов, соединенных последовательно со звеном постоянного тока преобразователя частоты, в результате чего появляется буферный источник электрической энергии.

В данной работе рассматривается схема асинхронного электродвигателя АИР160S4 со следующими параметрами, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Gараметры АИР160S4

P	ω, об/мин	U, В	ŋ, %	Коэф. мощн.	Iп/Iн	Мп/Мн	Mmax/Мн	J, кгм^2
15 кВт	1450	400	89,5	0,86	7,7	2,2	2,6	0,075

Преобразователь частоты состоит из блоков диодного моста, суперконденсатора и системы ключей, изображенных на рисунке 1, а также подсистемы инверторов, реализованных на базе MOSFET-транзисторов и их управляющих сигналов AH, BH, CH, AL, BL, CL реализованных через ШИМ-генератор, показанных на рисунках 2 и 3.

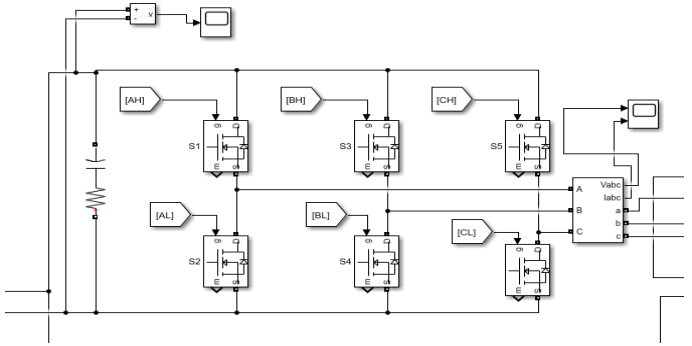


Рисунок 2 – Подсистема инверторов на базе MOSFET-транзисторов

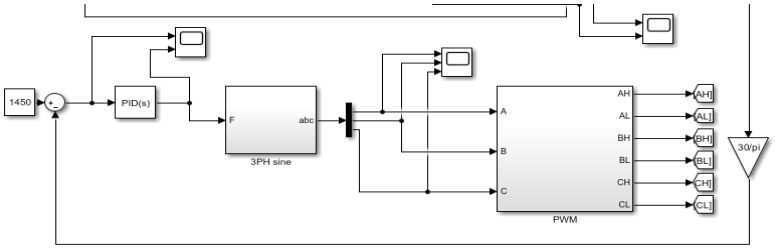


Рисунок 3 – ШИМ-генератор управляющих сигналов для транзисторов

В общем случае на обмотку статора подается трехфазная система напряжений, смещенная на 120 градусов друг относительно друга. А суммарный вектор напряжения будет равен сумме векторов напряжений каждой из фаз, формула (1).

$$\overrightarrow{U_\Sigma} = U_m \sin \omega t + U_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) + U_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \quad (1)$$

Проекции вектора на фазные оси определяют мгновенные напряжения на каждой из фаз A, B, C. Подобным же образом можно описать все уравнения тока и потокосцепления, которые описывают работу асинхронного двигателя переменного тока.

Однако, при разработке реальных систем электродвигателя переменного тока часто используют преобразователи фаз 3/2. Преобразователь 3/2 из трехфазной системы напряжения A, B, C создают двухфазную α, β. Переход к новой двухфазной системе позволяет рассматривать пространственный вектор напряжения в прямоугольной системе координат. Такая замена переменных используется при математическом описании электрических машин, а в частности для упрощения решения и записи дифференциальных уравнений статора и ротора.

После получения частотно-преобразованного питающего сигнала с выхода частотного регулятора напряжение преобразуется из трехфазного синусоидального в двухфазное для создания модели асинхронного двигателя во вращающейся системе координат – рисунок 4. В Результате чего фазное напряжение Ua, Ub, Uc преобразуется в Ux,Uy.

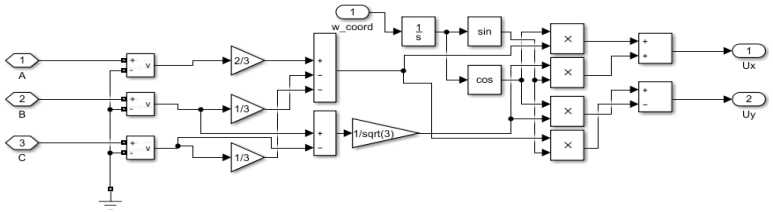


Рисунок 4 – Преобразование питающего напряжения

Полученное двухфазное напряжение используется для питания модели асинхронного двигателя во вращающейся системе координат.

На основе системы уравнений в формуле 2 была посчитана и разработана модель асинхронного двигателя, данная модель показана на рисунке 5.

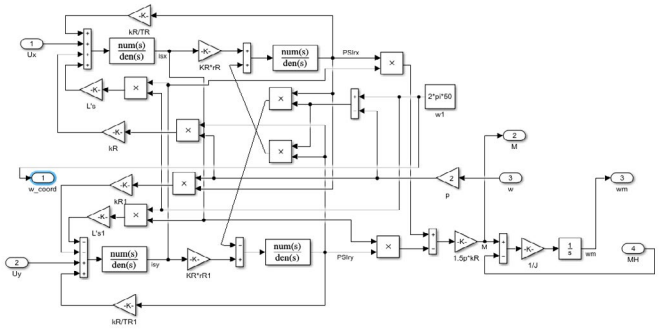


Рисунок 5 – Модель асинхронного двигателя

$$
\begin{cases}
\vec{U}_{Sx} = r\vec{i}_{Sx} + \dfrac{x'_{sx}d\vec{i}_{Sx}}{dt} - \alpha_k x'_S\vec{i}_{Sy} - \dfrac{k_R}{T_R}\vec{\Psi}_{Rx} - p\vartheta_m k_R\vec{\Psi}_{Ry} \\
\vec{U}_{Sy} = r\vec{i}_{Sy} + \dfrac{x'_{sx}d\vec{i}_{Sy}}{dt} - \alpha_k x'_S\vec{i}_{Sx} - \dfrac{k_R}{T_R}\vec{\Psi}_{Ry} + p\vartheta_m k_R\vec{\Psi}_{Rx} \\
\vec{U}_{Rx} = 0 = \dfrac{1}{T_R}\vec{\Psi}_{Rx} + \dfrac{d\vec{\Psi}_{Rx}}{dt} - k_R r_R\vec{i}_{Sx} - (\alpha_k - p\vartheta_m)\vec{\Psi}_{Ry} \\
\vec{U}_{Ry} = 0 = \dfrac{1}{T_R}\vec{\Psi}_{Ry} + \dfrac{d\vec{\Psi}_{Ry}}{dt} - k_R r_R\vec{i}_{Sy} + (\alpha_k - p\vartheta_m)\vec{\Psi}_{Rx} \\
m = k_R\left(\vec{\Psi}_{Rx}\vec{i}_{Sy} - \vec{\Psi}_{Ry}\vec{i}_{Sx}\right) \\
\vec{T}_m\dfrac{d\vartheta_m}{dt} = m - m_c
\end{cases}
\qquad (2)
$$

После того как модель всей системы была создана, начались виртуальные эксперименты с комбинированным источником питания.

Эксперимент №1 – номинальное питание сети – 400 В, двигатель запущен под нагрузкой в момент времени 0,055 сек. Так как напряжение номинальное, блок суперконденсаторов в этот момент отключен от питающей системы. Графики момента, скорости, потокосцепления и тока статора представлены на рисунке 6.

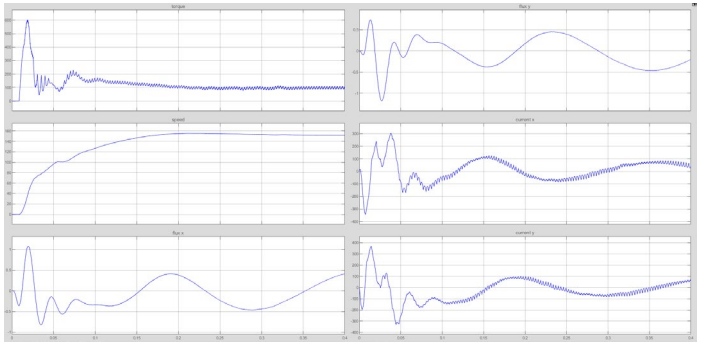


Рисунок 6 – Характеристики при 400 В

Как видно из графиков двигатель развивает номинальный момент в 97.5 Н, а также номинальную скорость в 152 рад/с. При этом в момент времени 0,055 сек. наблюдается просадка по моменту из-за подключения нагрузки. Процесс монотонный, перерегулирование составляет 1,97 %, время переходного процесса составляет 0,2 сек.

Эксперимент № 2 – предполагается просадка сети в размере 20 %, что составит 320 В питающего напряжения, блок суперконденсаторов в данном эксперименте отключен. Графики момента, скорости, потокосцепления и тока статора представлены на рисунке 7.

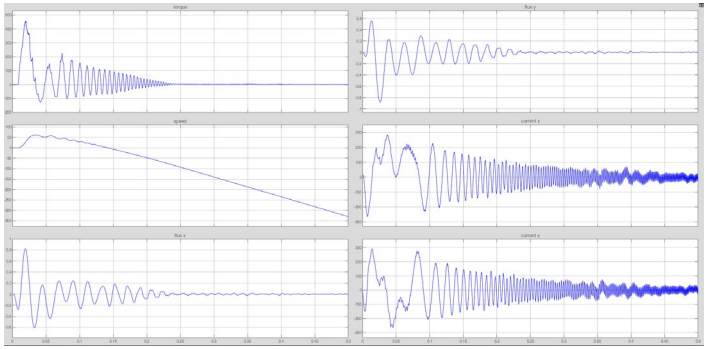


Рисунок 7 – Характеристики при 320 В

При данном напряжении питающей сети двигатель при подключении нагрузки не может преодолеть момент сил сопротивления и «опрокидывается». Система становится неустойчивой.

Эксперимент № 3 – также предполагается просадка сети в размере 20 %, питающее напряжение соответственно равно 320 В, но при этом путем задействована комбинированная система питания электродвигателя. Будет использовано дополнительное напряжение блока суперконденсаторов. Графики представлены на рисунке 8.

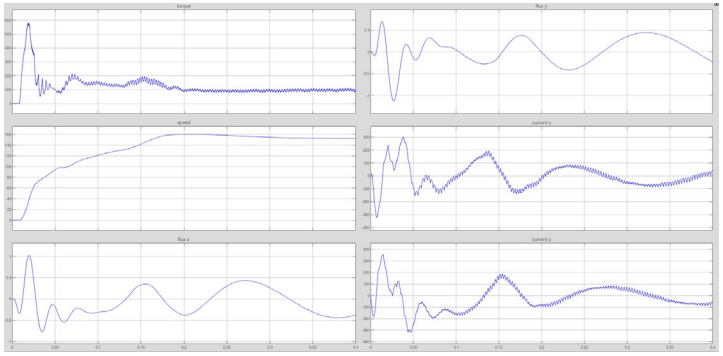


Рисунок 8 – Характеристики при 320 В и блоке суперконденсаторов

На данных графиках видно что благодаря блоку суперконденсаторов, выступающих в роли буферных источников энергии, двигателю в момент подключения нагрузки при 0,055 сек. удается достичь номинальных значений. При этом увеличилось время переходного процесса на 0,1 сек. и перерегулирование до 5,26 %. Однако, данные значения являются допустимыми при оценке качества переходного процесса. Из монотонного переходной процесс превратился в апериодический. Однако именно использование блока суперконденсаторов в качестве дополнительного источника электрической энергии позволило осуществить пуск асинхронного двигателя при просадке питающей сети в 20 %.

На рисунке 9 показаны выпрямленное напряжение сети и комбинированное напряжение сети и блока суперконденсаторов на выходе из звена постоянного тока частотного преобразователя. На графиках можно наблюдать незначительное влияние блока суперконденсаторов на выходное напряжение со звена постоянного тока. Величина колебаний составляет 10% и продолжается в течение 0,03 секунд. По этим данным можно судить о том, что блок суперконденсаторов не влияет на качественные характеристики питающего напряжения электропривода.

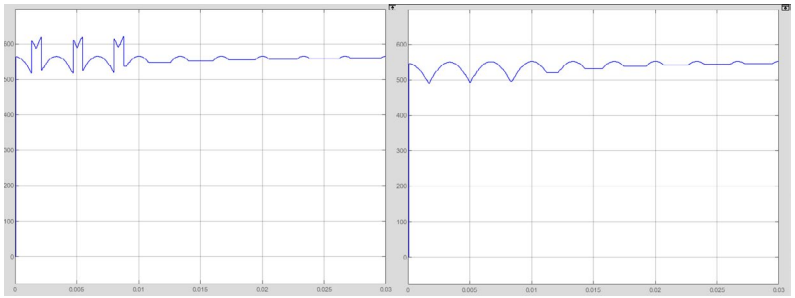


Рисунок 9 – Графика выпрямленного напряжения сети и комбинированного с блоком суперконденсаторов

Выводы

При электроснабжении электропривода горной промышленности, буровых станков, расположенных на значительном расстоянии от источников электропитания, возникают проблемы в пусковых режимах. Могут возникнуть недопустимые падения напряжения, что приводит к снижению пускового момента. В работе описана разработка математической модели частотно-регулируемого электропривода горных машин для эксплуатации в условиях удаленности от источников электроснабжения.

При падении напряжения больше 20 % реализация режима запуска под нагрузкой невозможна, что подтверждается имитационными экспериментами в статье. Для решения этой проблемы предлагается использование буферного накопителя энергии. Использование суперконденсатора в качестве буферного источника электрической энергии в звене постоянного тока частотного преобразователя асинхронного двигателя при его пуске в районах удаленных от промышленных сетей позволяет компенсировать просадки напряжения в сети, обеспечивать удовлетворительные пусковые режимы.

Анализ имитационных экспериментов пуска асинхронного двигателя показал незначительное увеличение продолжительности переходного процесса, а также незначительное увеличение колебательности системы из-за увеличения значения перерегулирования, но при этом данные показатели качества переходного процесса остаются удовлетворительными.

Таким образом применение суперконденсаторов в роли буферных источников электроэнергии для пуска асинхронного двигателя от источника соизмеримой мощности является допустимым и расширяет применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода в горной промышленности.

Направление дальнейших исследований заключается в анализе переходных процессов в моменты подключения и отключения суперконденсаторов. Также будет проведен анализ накопления энергии в виде рекуперации в процессе работы. Предполагается разработка буферного источника.

Список использованных источников

1 **Breido, I.; Kaverin, V. & Em G.** (2018) The research of the adjustable electric drive of the direct current DAAAM International Scientific Book 2018 Vol. 17, P. 211–226, ISSN 1726-9687.

2 **Dewangan, Anamika & Sharma, Virendra.** (2017). SVPWM Techniques Used for Controlling Three-Phase Induction Motor Energized by Renewable Energy Source. 3297. 2320–3765. 10.15662/IJAREEIE.2017.0602017.

3 **Shevyrev, Yu & Morgachev, D.** (2015). Analysis of electromagnetic compatibility between diesel engine power plant and main electric motor of drilling unit. Gornyi Zhurnal. 2015. 10.17580/gzh.2015.01.11.

4 **Abramov, B.I. & Derzhavin, D.A. & Churikov, D. & Novoselov, Yu.B. & Suslov, M.A. & Shevyrev, Yu.V.** (2016). Instrumental studies of the electrical energy quality for oil field under conditions of widespread application of frequency-regulated electrical drives. 90–92.

5 **Belodedov, A.** Model design of a controlled DC drive with a supercapacitor unit [Electronic resource] / A. Belodedov, O. Lysenko // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines : conference proceeding, 15–17 November 2016 / Omsk State Technical University. – Omsk, 2016. – DOI: 10.1109/Dynamics.2016.7818978.

6 **Stana, Girts & Brazis, Viesturs & Apse-Apsitis, Peteris.** (2015). Simulation of Induction Traction Drive with Supercapacitor Energy Storage System Test Bench. Electrical, Control and Communication Engineering. 9. 10.1515/ecce-2015-0007.

7 **Ndokaj, Artan & Napoli, A. & Pede, Giovanni & Pasquali, Manlio.** (2013). Regulation strategy of an Ultracapacitor storage model for a gantry crane. IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference). 1209–1216. 10.1109/IECON.2013.6699305.

8 **Kumar, M.K. & Datta, D.V. & Muni, Vijay.** (2019). Performance enhancement of asynchronous machine with super capacitor. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 8. 1208–1210.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Р. Ф. Сайфулин, И. В. Брейдо

Буферлік қуат көздерін қолдана отырып, жиілікті реттейтін асинхронды электр жетегінің іске қосу режимдерін талдау

Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

R. F. Saifulin, I. V. Breido

Analysis of starting modes in frequency controlled asynchronous electric drive using buffer power supplies

Karaganda Technical University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda.
Material received on 11.12.20.

Орта және Орталық Азия аймақтарының тау-кен өндірісінде асинхронды электр жетегін пайдаланудың қиындығы осы объектілердің өнеркәсіптік желілерден алыс аудандарда орналасқандығымен байланысты. Осыған байланысты электр желілерінің ұзындығы рұқсат етілгеннен асып кетуі мүмкін және желідегі кернеудің айтарлықтай төмендеуі байқалады.

Жұмыста Simulink Matlab 2019 бағдарламасында екі фазалы модельге айналдырылған үш фазалы жиілікті реттейтін асинхронды электр жетегінің моделі жасалды. Жүктеме кезінде іске қосу режимдеріндегі кернеудің төмендеуін жиілікті түрлендіргіштегі тұрақты ток байланысының шығысына қосылған буферлік қуат көзі

ретінде суперконденсаторларды қолдану арқылы өтеу ұсынылады. Әр түрлі қуат кернеуінде және суперконденсаторлар блогын қосудың әртүрлі тәсілдерінде имитациялық модельдеу жасалды.

Электр энергиясының қосымша көзін жүзеге асырудың мұндай принципі асинхронды электр жетектерін өнеркәсіптік желілерден алыс аудандарда олардың статикалық және динамикалық сипаттамаларына айтарлықтай әсер етпестен іске қосуға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: электр қозғалтқышы; модельдеу; Matlab Simulink; суперконденсатор; уақытша сапа.

The operation of an asynchronous electric drive for mining production in the regions of Central and Middle Asia is complicated by the fact that these facilities are located in remote from industrial networks areas. Because of this, the length of power lines can exceed the permissible length and there is a significant voltage drop in the network.

In this paper the model of three-phase frequency-controlled asynchronous electric drive is developed using Simulink Matlab 2019 and converted into a two-phase model. It is proposed to compensate the voltage drop in the network for electric drive's starting modes with load by using Supercapacitors as a buffer power supply connected to the output of a DC link in a frequency converter. Simulation modeling was done at various supply voltages and various methods of connecting the Supercapacitor unit.

It was found that such a principle of implementing an additional source of electrical energy allows to start asynchronous electric drives in areas remote from industrial networks without significantly affecting their static and dynamic characteristics.

Keywords: Electric drive; modeling; Matlab Simulink; Supercapacitor; transient response.

ҒТАМР 61.51.15., 82.29.09

https://doi.org/10.48081/UYMI4654

Г. Ж. Сейтенова[1], Р. М. Дюсова[2], Г. Р. Бурумбаева[3], С. Б. Умурзакова[4]

[1,2,4]Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;
[3] «ПМХЗ» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

ПАВЛОДАР МҰНАЙ-ХИМИЯ ЗАУЫТЫНЫҢ РИФОРМИНГ ҚОНДЫРҒЫСЫНДА КАТАЛИЗАТОРДЫ СЫНАУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ

Бұл мақалада каталитикалық риформингті орнатуға арналған катализаторларды сынау және таңдау нәтижелері берілген. Каталитикалық риформинг – республиканың мұнай өңдеу саласының тізбегіндегі іргелі процесс. Мұнайды қайта өңдеудің каталитикалық кезеңінің тиімділігі технологиялық режимдер мен белсенділікті таңдаудың дұрыстығына, қолданылатын катализаторлардың селективтілігі мен тұрақтылығына байланысты. Катализаторлар мұнай өңдеу саласындағы шығын материалы болып табылады. Жұмысты оңтайландыру энергия және экономикалық шығындарды бірнеше есе қысқартуға мүмкіндік береді, өйткені катализаторлар қымбат тұратын компонент болып табылады. Цифрлық технологияны қолдану ірі габаритті қондырғылардың жұмысын талдау және мониторингілеу үшін оңтайлы шешім болып табылады. Зерттеу үшін каталитикалық риформинг процесінің тұрақсыздығы мен көп факторлығын толық ескеруге мүмкіндік беретін математикалық модельдеу әдісі қолданылды. Pt-Re каталитикалық риформинг катализаторларын өнеркәсіптік пайдаланудан нақты деректерді пайдалана отырып, парафиндерді дегидроциклизациялаудың каталитикалық риформингі реакцияларында жоғары селективтілікті көрсеткен ПР-71 катализаторын Қазақстанның жоғары парафинді мұнайын өңдеу үшін жүктеген жөн екендігі дәлелденді. Тиісінше, бұл атмосфераға зиянды шығарындыларды азайту, өңдеу тереңдігі артады, каталитикалық риформинг өнімдері сапалы болады. Сондай-ақ бұл аномалды реологиялық қасиеттері бар қазақстандық шикізатты барынша орынды пайдалануға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: каталитикалық риформинг, мотор отыны, цифрлық технологиялар, болжамалы модельдер, катализаторды сынау және таңдау.

Кіріспе

Мұнай өңдеу және мұнай-химия процестерінің цифрлық технологиялары Ресейде және шетелде басым ғылыми бағыттардың бірі болып табылады. Жұмыс істеп тұрған жабдық жұмысының тиімділігін арттыру проблемасын шешу математика, физика, информатика ғылымдары мен химиялық технология тоғысында құрылған көмірсутек шикізатын өңдеудің цифрлық технологияларын әзірлеу арқылы мүмкін болды. Бұл бағыт әсіресе мұнай өңдеу және мұнай-химия салаларының кәсіпорындары үшін өзекті болып табылады.

Мұндай әзірлемелердің көптеген отандық және шетелдік аналогтары белгілі. Бірақ, сонымен бірге, көп жағдайда компьютерлік модельдеу ақпараттық және статистикалық тәсілдерге негізделген және өндірістік процестердің физика-химиялық және технологиялық мәніне әсер етпейді. Сапа көрсеткіштерін модельдеу статикалық заңдарға сәйкес осындай жүйелермен жүзеге асырылады, бұл өнеркәсіптік процесті стационарлық жүргізу жағдайында ғана қолданылады. Алайда, мұнай өңдеу мен мұнай химиясының өнеркәсіптік каталитикалық процестерінің басым көпшілігі стационарлы емес.

Өнеркәсіптік процестің өту жағдайында өңделетін көмірсутек шикізатының құрамы тұрақсыз болып табылады, бұл көмірсутектердің реактивтілігіне шешуші әсер етеді. Мұнай өңдеу және мұнай-химия процестерінің көпшілігі каталитикалық болып табылады және тепе-теңдіктен алыс жүреді. Оңтайлы белсенділікпен жұмыс істеу кезінде катализатор ресурсының ұлғаюы бүкіл өндірістің экономикасына шешуші әсер етеді. Осыған байланысты көп компонентті каталитикалық процестердің физика-химиялық модельдеріне негізделген зияткерлік бағдарламалық кешендерді құру бағыты сұранысқа ие.

Томск политехникалық университетінде құрылған мұнай өңдеу мен мұнай химиясының өнеркәсіптік процестерінің энергия және ресурс тиімділігін арттыру үшін зияткерлік жүйелерді құру әдістемесі білім жинақтаудың иерархиялық құрылымына негізделген, бұл көмірсутекті шикізатты қайта өңдеудің өнеркәсіптік процестерінің барысын кезең-кезеңімен талдау мен болжауды жүзеге асыруға, бензиндердің каталитикалық риформингі, изомерлеу, дегидрлеу, алкилдеу, каталитикалық крекинг процестерінде пайдаланылатын катализаторлардың белсенділігін мониторингілеу мен оңтайландыруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Цифрлық технологияларды қолдану шикізаттың химиялық құрамын ескере отырып, технологиялық режимдерді оңтайландыруды жүргізу үшін риформингтің, изомерлеудің, дегидрлеудің өнеркәсіптік қондырғыларының

жұмысына үздіксіз мониторинг жүргізуге және катализаторлардың кокстеу дәрежесін сандық бағалауға мүмкіндік береді.

Материалдар мен әдістер

Қазіргі уақытта контактілердің каталитикалық қасиеттерін зерттеудің екі бағыты бар: аспаптық және кинетикалық. Аспаптық әдістер нәтижесінде реакция жағдайында белсенді орталықтың құрылымын, реактивті заттардың активтену формасын анықтауға және осы байланыстағы беттік механизмді негіздеуге мүмкіндік береді.

Аспаптық әдістер

Осы әдістерді қолдана отырып, катализаторлардың құрылымы және олардың компоненттерінің көлемдік қасиеттері орнатылады. Алайда, олар тек бетінің құрылымы, белсенді орталықтардың құрылымы және т. б. туралы жанама ақпарат береді.

Риформинг процесінің катализаторларын зерттеудің аспаптық әдістері физикалық сипатта өте алуан түрлі, бірақ ең маңызды сипаттамалары бойынша бірнеше кіші топтарды бөлуге болады:

1 Температураны бағдарламалаумен тотығу және тотықсыздану.
2 Электронды микроскопия.
3 Рентгенографиялық әдістер.
4 Оптикалық және ультракүлгін спектроскопия.
5 Катализаторлардың магниттік қасиеттерін зерттеу.
6 Электрондық парамагниттік резонанс.
7 Ядролық магниттік резонанс.
8 Мессбауэровлық спектроскопия.

Тек аспаптық әдістерге негізделген риформинг процесінің катализаторларының каталитикалық қасиеттерін сипаттау толық суретті ұсынуға мүмкіндік бермейді, өйткені онда байланыс бетіндегі көмірсутектердің өзгеру механизмдері мен жылдамдығы туралы мәліметтер жоқ. Кинетикалық заңдылықтарды зерттеу үшін кинетикалық әдістер қолданылады.

Кинетикалық әдістер

Кинетикалық әдістер процестің формальды механизмін негіздеуге, нақты реакциялардың физика-химиялық механизмін ашуға, демек, осы реакцияларды практикалық іске асыруда саналы басқару үшін бастапқы ақпаратты алуға, реакциялардың кинетикалық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

Кинетикалық тәсілді қолдану риформинг процесінің платина бар катализаторында көмірсутектерді түрлендірудің формальды механизмін құруға, модель жағдайында катализатордың белсенділігі мен тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді.

Риформинг процесінің катализаторларын зерттеудің аспаптық және кинетикалық әдістерінің негізінде өнеркәсіптік жағдайларда пайдалану

кезінде оның каталитикалық қасиеттерін (белсенділігі, тұрақтылығы, селективтілігі) сенімді болжау мүмкін емес, өйткені өндірістік жағдайларға ауқымды көшу ескерілмейді. Шикізат пен технологиялық жағдайларды өзгерту кезінде математикалық модельдеу әдісін қолдану кезінде болдырмауға болатын көп еңбекті қажет ететін сынақтардың қайталанған сериясы қажет.

Бұл әзірленген катализатордың құрамын оңтайландыруға және кері кинетикалық есепті шешу арқылы байланыстың кинетикалық параметрлерін сипаттауға мүмкіндік беретін математикалық модельге енгізілген аспаптық және кинетикалық зерттеу әдістерінің нәтижелерінің үйлесімі. Сонымен қатар, «кинетикалық тәсіл» «аспаптық» тәсіліне қайшы келмейді, бірақ зерттелген үлгілердің белсенділігі мен тұрақтылығын неғұрлым толық және дәл сипаттауға мүмкіндік береді.

Риформинг реакциясы бифункционалды механизм арқылы жүреді. Катализатордың қартаюы реакциялар арасындағы тепе-теңдіктің өзгеруіне байланысты процестің селективтілігін өзгертеді, бұл өз кезегінде катализатордың құрамына байланысты.

Егер кристаллиттердің мөлшері реакция жылдамдығына және оның селективтілігіне әсер етсе, онда бұл металлдағы орталықтардың арақатынасының өзгеруіне әкеледі, ал өте кішкентай кристалдардың электрондық қасиеттері металлдың электронды қасиеттерінен көлемде ерекшеленеді. Парафинді көмірсутектердің дегидроциклденуінің, изомерленуінің және гидрокрекингінің құрылымдық-сезімтал реакцияларының өту механизмдері катализатордың қартаюының кинетикалық модельдерімен сипатталады:

$$\frac{K_1}{K_1^0} = K_{01} e^{-l_1 D},$$

$$\frac{K_2}{K_2^0} = K_{02} e^{-l_2 D},$$

$$\frac{K_2}{K_2^0} = K_{03} ch(l_3 D)$$

Мұндағы l_1, l_2, l_3 – қартаю есебінен катализатордың қайтымсыз дезактивация жылдамдығы; K_0 – жентектеу процесінің энтропиялық факторы; K_1, K_2, K_3 – құрылымдық-сезімтал реакциялар жылдамдықтарының константалары (дегидроциклизация, изомеризация және гидрокрекинг тиісінше); K_1^0, K_2^0, K_3^0 – катализатордың қартаю процесін ескерместен құрылымдық-сезімтал реакциялар жылдамдықтарының константалары.

Осылайша, полиметалл катализаторларындағы бензиндердің каталитикалық риформингінің толық математикалық моделі уақыт өте келе өндірістік катализаторлардың белсенділігі мен селективтілігінің динамикалық процесін көрсетеді. Өз кезегінде, бұл нақты процесті дұрыс сипаттайтын модель негізінде белгілі бір процесс үшін катализаторды таңдауды анықтайтын стационарлық емес кинетика. Математикалық модельдердің бұл түрін қолдану катализатордың нақты стационарлық жағдайларда ғана емес, оны реактор блогына тиеу кезінде де болжауға мүмкіндік беретіні анық, сонымен қатар жұмыс кезінде оның дезактивациясы мен улану динамикасын болжауға мүмкіндік береді, осыған байланысты жүйенің каталитикалық қасиеттері болжамының сенімділігі бірнеше есе артады.

Химиялық реакциялар жылдамдығының константаларын есептеудің бұл әдісі жұмыс циклі кезінде, сондай-ақ жаңа жүктеме сынағы кезінде әр түрлі зарарсыздандыру құбылыстарының бір уақытта әсерін ескеруге мүмкіндік береді. Жедел тестілеу процедуралары катализатордың қартаю, улану және оның белсенді бетін кокстау жағдайында өнеркәсіптік жұмысына толық сәйкес келе алмайды, бұл нәтижелерді түсіндіруді қиындатады.

Осылайша, бағдарламаны қолдана отырып, тізімнен кез-келген катализаторды таңдауға, шикізаттың осы түріне есептеулер жүргізуге және осы қондырғы үшін оңтайлы катализаторды анықтауға болады. Сондай-ақ, бағдарламаның мүмкіндіктері технологиялық процесті оңтайландыруға, технологиялық жағдайлар бойынша ұсыныстар беруге мүмкіндік береді.

Белсенділік – бұл катализатордың химиялық реакцияны тездететін қасиеті. Сандық тұрғыдан алғанда, белсенділік катализаторсыз жылдамдықты алып тастағанда бірдей реакцияның жылдамдығы мен сол жағдайдағы айырмашылыққа тең. Химиялық реакция жылдамдығының тұрақтысы – катализатор белсенділігінің сандық өлшемі.

Катализатордың белсенділігі кокс түзілу, улану және термиялық дезактивация процестерінің жүруіне байланысты өзгереді. Сандық жағынан, бұл салыстырмалы белсенділікпен көрінеді (жаңа катализаторға қатысты), ал dT – бұл өтемақы температурасы.

Риформинг процесінің тиімділігін анықтайтын фактор Pt-катализаторларының белсенділігі, селективтілігі және тұрақтылығы болып табылады. Үшінші буынды полиметалл катализаторларын енгізу жоғары октанды бензиндерді өндіру мүмкіндігін қамтамасыз етті және регенерацияаралық циклды екі еседен астам ұзартуға мүмкіндік берді. Алайда, көбінесе Pt-катализаторларының белсенділігі, селективтілігі мен тұрақтылығын салыстырмалы бағалау зертханалық кинетикалық әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады, содан кейін оларды тәжірибелік және тіпті өнеркәсіптік қондырғыларда сынайды.

Сонымен бірге, процестерді кинетикалық талдау практикасында математикалық модельдеу әдістерін дамыту эксперименттік деректер бойынша кері кинетикалық есепті шешу арқылы әртүрлі катализаторлардың кинетикалық параметрлерін бағалау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда катализатордың жұмысын басқа қондырғыға, басқа процеске ауыстыруға және пайдалану жағдайларына байланысты оның тиімділігін салыстыруға болады.

Алынған нәтижелердің сенімділігі мен дәлдігі Pt-катализаторларындағы каталитикалық риформингтің көп компонентті процесінің механизмін олардың реактивтілігі мен Гиббс бос энергиясының жақындығы принципіне сәйкес біріктіру арқылы, сондай-ақ кокс түзілу, улану және қартаю процестерінің нәтижесінде катализатордың кинетикалық параметрлерінің стационарлы еместігін ескере отырып, барабар сипаттаумен анықталады.

Pt-Re катализаторларын тестілеудің сенімділігі модельдеу кезінде химиялық реакциялар ағымының термодинамикалық және кинетикалық заңдылықтарын, сондай-ақ өндірістік процестердің стационарлы емес факторларының кешенін ескерумен байланысты.

Өңделетін шикізат компоненттерінің химиялық реакциялардың жылдамдық константаларының сандық мәні бойынша реактивтілігін есепке алу қолданылатын Pt-Re катализаторларын салыстырмалы талдау үшін негіз болып табылады.

Нәтижелер және талқылау

RG сериялы катализаторлардың белсенділігін бақылау және оңтайландыру

Кері кинетикалық есепті шешумен анықталатын бензиндердің риформингі процесінде көмірсутектердің конверсиясының кинетикалық заңдылықтары дегидрлеу реакцияларының және нафтен көмірсутектерінің изомеризациясының, гидрокрекингтің, дегидроциклизацияның және парафиндердің изомеризациясының, сондай-ақ кокс түзілу реакцияларының механизмінің егжей-тегжейлі деңгейін таңдаудың дұрыстығын растайды. Бұл бензинді риформинг катализаторларын сынау және салыстырмалы талдау үшін теориялық негіз болып табылады.

Кесте 1 – RG сериялы катализаторлардағы химиялық реакциялар жылдамдығының константалары (салыстырмалы бірліктерде)

Реакция	Катализатор		
	RG-492,582	RG-682	ПР-71
гидрокрек *н*-П	3,1	1,9	1,8
н-П → *изо*-П	1,3	1,4	1.6
изо-П → *н*-П	1,2	1,2	1.2

Н-П → Н-6	3,0	3,0	3.0
гидрокрек *изо*-П	7,4	4,16	3.2
изо-П → Н-6	6,3	6,8	6,8
Н-5 → *изо*-П	3,3	2,4	2.2
Н-6 → Н-5	0,2	0,2	0,2
Н-6 → Ар	0,5	0,5	0,5
Ар → Н-6	0,1	0,1	0,1
Н-П → Н-5	4,9	5,3	5,5
изо-П → Н-5	4,7	4,9	5,3
Н-5 → Н-6	1,7	3,8	3,8
Н-5 → *н*-П	0,85	0,85	0,5

Кесте 2 – RG-682 катализатор жұмысын RG 492, 582 катализатор жүйесімен салыстырғанда талдау

Катализатор	RG 492, 582	RG 492, 582	RG 492, 582	RG 492, 582	RG-682	RG-682
Белсенділігі	0,95	0,86	0,87	0,85	1,22	1,12
Қайта өңделген шикізат т.	377496,00	1060355,00	1114992,00	1227700,00	192167,00	275527,00
Крекинг саны	3,10	1,90	1,90	1,90	2,10	1,80
Кіру температурасы	501,00	492,00	495,00	496,00	490,00	483,00
Шикізат шығыны $м^3/ч$	170,00	143,60	157,40	157,20	194,00	135,00
Пар/(Нафт+ Хош иісті көмірсутек) шикізатта	1,35	1,34	1,34	1,34	1,49	1,51
Қалыпты Пар/ изо-Пар шикізатта	1,14	1,06	1,06	1,06	1,29	0,95
Айналым еселігі $м^3/м^3$	1132,00	1372,80	1252,80	1249,40	1000,00	1481,50
Изомеризация дәрежесі	62,00	45,00	45,00	45,00	83,00	49,00
Хош иістендіру дәрежесі	26,75	19,17	18,89	18,85	26,20	25,74
Хош иіс, % салмағы.	65,88	60,83	60,55	60,50	63,21	63,27
Зерттеу әдісі бойынша октан саны	97,70	97,00	96,20	97,00	98,30	98,60
МЦП катал, % салмағы.	0,61	0,30	0,31	0,31	0,40	0,33
Температура айырмашылығы	60,00	64,50	66,90	65,70	73,00	73,00
Кокс, % салмағы.	4,03	5,79	6,10	6,76	1,75	1,72
Риформат шығыны	85,04	85,36	85,71	85,69	87,67	87,62

Осылайша, катализаторлардың салыстырмалы талдауы RG-682 селективтілігінің едәуір артқанын көрсетті, бұл парафиндердің гидрокрекингі мен нафтен гидрогенолизінің химиялық реакцияларының жылдамдық константаларының төмендеуімен расталады. Сонымен қатар, парафиндер мен нафтеннің изомеризация реакцияларының жылдамдығы артты. Парафиндердің дегидроциклдену жылдамдығында аз өзгеріс байқалады. Есептеулердің дәлдігі және сенімді нәтижелер алу Pt-катализаторларында каталитикалық риформингтің көп компонентті процесінің формаланған механизмін олардың реактивтілігінің жақындығы қағидаты бойынша агрегаттау және физикалық қартаю, улану және кокс түзілуіне байланысты оның дезактивациясы салдарынан катализатордың кинетикалық параметрлерінің стационарлы еместігін ескере отырып дұрыс қалыптасуымен анықталады. Жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып, RG-682 катализаторы риформинг қондырғысына жүктелді.

Алайда бұдан кейінгі зерттеулер ПР-71, 81 сериялы катализаторлардың (Омбы көмірсутектерді өңдеу мәселелері институтын әзірлеу, А. С. Белый, М. Д. Смоликов, РҒА СБ, Ресей) парафиндерді дегидроциклизациялау реакцияларының өтуіне қатысты жоғары селективтілігі бар екенін көрсетті, бұл Павлодар мұнай-химия зауытының жоғары парафинді шикізатын өңдеу үшін өте маңызды.

Белгілі болғандай, мұнай өңдеу және мұнай химиясы катализаторларының маңызды қасиеттері белсенділік, селективтілік және тұрақтылық болып табылады. Белсенділік пен селективтілік каталитикалық реакцияның жылдамдығын және сәйкесінше алынған өнімнің шығымдылығы мен сапасын қамтамасыз етеді. Тұрақтылық – катализатордың қызмет ету мерзімі ішінде осы көрсеткіштердің тұрақтылығы. Кокс түзілу реакциясының тепе-теңдік жағдайларын сақтау және тығыздаудың аралық өнімдерін гидрогенизациялау кезінде катализатордың оңтайлы белсенділік деңгейіне қол жеткізіледі, оның көмегімен өзін-өзі қалпына келтіру жүреді. Оңтайлы белсенділікте жұмыс істеу риформинг катализаторларының регенераралық жүрісінің мерзімін едәуір ұзартуға мүмкіндік береді [3].

Платина бар дегидрлеу катализаторларының бетінде түзілетін коксогенді қосылыстардың тотығу реакциясының термодинамикалық тепе-теңдік жағдайларына сүйене отырып, өнеркәсіптік реакторға су берудің оңтайлы режимдері анықталды, бұл катализатордың қызмет ету мерзімін 20 %-ға арттыруды қамтамасыз етті [4].

Pt-Re-катализаторларының заманауи модификациялары ИОЧ 96–98 бар жоғары октанды катализатты 87–90 % салм. таңдауымен алуға мүмкіндік береді. Алайда, пайдалану процесінде олардың тұрақтылығы туралы мәселе сөзсіз туындайды, ол қайта өңделетін шикізаттың көмірсутек

құрамымен, реактор блогының технологиялық режимімен және құрылымдық ерекшеліктерімен анықталады. Мақсатты және жағымсыз реакциялардың физикалық-химиялық заңдылықтарын ескерместен, өндірістік катализаторды пайдалану сипаттамалары бойынша «шетелдік» және «отандық» деп бөлуге бағытталған көп факторлы бақылау міндетін азайту түбегейлі дұрыс емес. Катализаторлардың жұмысын болжаудың осы көп факторлы мәселесін тек кинетикалық модельді қолдану арқылы шешуге болады, ол кокс түзілу, улану және қартаю процестерінің дезактивациясына кешенді әсерін ескереді. Сонымен қатар, оған катализатордың технологиялық деңгейін қосу керек.

Цифрлық технологиялар катализатордың қышқылдық және металлдық белсенділігінің теңгерімділігі есебінен тиімділікті арттыруды қамтамасыз ететін өңделетін шикізаттың оңтайлы технологиялық жағдайлары мен көмірсутектік құрамын анықтауға, яғни өнеркәсіптік реакторды пайдаланудың түрлі режимдерінде оның жұмысын оңтайландыруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Катализатордың ағымдағы потенциалын және оңтайлы белсенділікті сандық бағалауды ескере отырып (кокс түзілу реакцияларының термодинамикалық тепе-теңдік жағдайына сәйкес келетін белсенділік және тығыздаудың аралық өнімдерін гидрогенизациялау) катализаторлардың жұмысын бақылау Жүйесін қолдана отырып жүргізілді.

Оңтайлы жағдайда катализатордың жұмыс потенциалын іске асыру қондырғы жұмысының технологиялық режимін реттеу процесіне барлық көрсеткіштерді (факторларды) тарту дәрежесіне байланысты болады. Бұл жағдайда тәуелді және тәуелсіз факторларды ажыратылады (сурет. 1).

Сурет 1 – Реакция жүйесіне әсер ететін факторлар

Катализатордың потенциалын да, оны жүзеге асыру дәрежесін де сипаттайтын жалпыланған критерий болған кезде көп параметрлік реттеу ең тиімді болып табылады. Мұндай критерий ретінде катализатордың бетінде кокстың пайда болуы, шикізат циклдерінің ұзақтығы және өңделген шикізаттың жалпы көлемі қолданылады. Төменде ЛЧ-35-11/600,

ЛЧ-35-11/1000, Л-35-11/600 өнеркәсіптік қондырғыларды бақылау және болжау нәтижелері берілген (3, 4 – кесте).

Кесте 3 – ПР-71 катализаторын тиеу кезінде Л-35-11/600 қондырғысының жұмыс моделіне болжам (модельге есептеу)

Қайта өңделген шикізат т.	496224,00	988974,00	1564074,00
Кіру температурасы	487,00	493,00	495,00
Хош иістендіру дәрежесі	29,92	29,88	30,00
Хош иіс, % салмағы.	59,19	59,15	59,26
Сутектің шығуы, %	2,11	2,11	2,12
Кокс, % салмағы.	4,11	8,16	10,95
Шикізат шығыны м^3/сағ	75,00		
Пар/(Нафт+Хош иісті көмірсутек) шикізатта	1,36		
Қалыпты Пар/ изо-Пар шикізатта	0,98		
Айналым еселігі м3/м3	1333,30		
Изомеризация дәрежесі	49,00		
Зерттеу әдісі бойынша октан саны	96,00		

Кесте 3 – RG-682 катализаторындағы Л-35-11/600 қондырғысының жұмысына мониторинг (нақты деректер)

Қайта өңделген шикізат т.	496224,00	988974,00	1564074,00
Кіру температурасы	485,00	491,00	498,00
Хош иістендіру дәрежесі	19,83	19,79	19,91
Хош иіс, % салмағы.	61,35	62,21	60,43
Сутектің шығуы, %	2,12	2,12	2,13
Кокс, % салмағы.	2,50	4,97	11,89
Шикізат шығыны, м^3/сағ	75,00		
Пар/ (Нафт+Хош иісті көмірсутек) шикізатта	1,36		
Қалыпты Пар/изо-Пар шикізатта	0,98		
Айналым еселігі м^3/м^3	1333,30		
Изомеризация дәрежесі	49,00		
Зерттеу әдісі бойынша октан саны	96,00		

Қаржыландыру туралы ақпарат

Мақала AP05131846 «Каталитикалық крекинг, риформинг және изомерлеу қондырғыларында жоғары октанды бензин, дизель отыны және майлы газ өндіру технологияларының ресурс тиімділігін арттыру» ғылыми-техникалық жобасы бойынша гранттық қаржыландыру шеңберінде жарияланды.

Қорытынды

Осылайша, RG және ПР сериялы катализаторларды пайдаланудың нақты деректерін пайдалана отырып, Қазақстанның Жоғары парафинді мұнайын өңдеу үшін парафиндерді дегидроциклизациялау риформингінің қиын реакциясында жоғары селективтілікті көрсеткен ПР-71 катализаторын жүктеу орынды екені көрсетілген.

Энергияны үнемдеу кезінде шикізаттың өнімге айналу дәрежесін арттыруға мүмкіндік беретін технологиялық әдістердің бірі математикалық модельдеу әдісіне және каталитикалық риформинг процесінде мұнай фракцияларының көмірсутектерінің реактивтілігін ескеретін модельдер құруға негізделген көп сатылы каталитикалық процестердің режимдерін оңтайландыру және болжау болып табылады. Мұнайды қайта өңдеудің каталитикалық кезеңінің тиімділігі технологиялық режимдер мен белсенділікті таңдаудың дұрыстығына, қолданылатын катализаторлардың селективтілігі мен тұрақтылығына байланысты. Бұл мақалада каталитикалық риформинг процесінің математикалық модельдерін қолданудың орындылығын растайтын модельдеу нәтижелері берілген. Қайта өңделетін шикізат құрамының және қолданылатын катализаторлардың технологиялық режимдерге белсенділігінің өзгеруін есепке алу қажеттілігі көрсетілген, бұл тауарлық өнім шығару сапасын арттыруды қамтамасыз етеді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Sharikov, V. Petrov, P.** Universal model for catalytic reforming, *Chem. Petrol. Eng.*,43, (2007) 580–584.

2 **Froment, G.** Modeling of catalyst deactivation, Applied Catalysis A: General, (212(1,2)) (2001) 117–128.

3 **Aguayo, A. Gayubo, A. Atutxa, A. Olazar, M. Bilbao, J.**Catalyst Deactivation by Coke in the Transformation of Aqueous Ethanol into Hydrocarbons. Kinetic Modeling and Acidity Deterioration of the Catalyst, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 41(17) (2002) 4216–4224.

4 **Ostrovskii, N.** Problems in the study of catalyst deactivation kinetics, *Kinet. Catal.,* 2005, 46(5), 693–704.

5 **Ancheyta, J. Villafuerte-Macias, E.** Kinetic modeling of naphtha catalytic reforming reactions, *Energy Fuels*. 14 (2000) 1032–1037.

6 **Stijepovic, M. Ostojic, A. Milenkovic, I. Linke**, **P.** Development of a kinetic model for catalytic reforming of naphtha and parameter estimation using industrial plant data, *Energy Fuels*. 23 (2009) 979–983.

7 **Rodríguez, M. Ancheyta, J.** Detailed description of kinetic and reactor modeling for naphtha catalytic reforming, *Fuel*. 90 (2011) 3492–3508.

8 **Wei, W. Bennet, C. Tanaka, R. Hou G. et al.,** Detailed kinetic models for catalytic reforming, *Fuel Process. Tech*, 89(4) (2008) 344–349.

9 **Arani, H. Shirvani, M. Safdarian, K. Dorostkar, E.** Lumping procedure for a kinetic model of catalytic naphtha reforming, *Braz. J. Chem. Eng.* 26(4) (2009) 723–732.

10 **Belyi, A.** Reforming Catalysts of the PR Family: Scientific Foundations and Technological Advancement, *Kinet. Catal.* 46(5) (2005) 684–692.

11 **Noskov**, **A.** Two centuries of mathematical modelling. Report at the problem seminar on 90-th anniversary of M.G. Slinko, (2005).

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

Г. Ж. Сейтенова[1], Р. М. Дюсова[2], Г. Р. Бурумбаева[3], С. Б. Умурзакова[4]

Тестирование и выбор катализатора на установке риформинга павлодарского нефтехимического завода

[1,2,4]Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;
[3]ТОО «Павлодарский нефтехимический завод»,
Республика Казахстан, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 11.12.20.

G. Zh. Seytenova[1], R. M. Dyussova[2], G. R. Burumbayeva[3], S. B. Umurzakova[4]

Testing and selection of the catalyst at the Pavlodar petrochemical plant's reforming unit

[1,2,4]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[3]LLP «Pavlodar Oil Chemistry Refinery»,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 11.12.20.

В данной статье представлены результаты тестирования и выбора катализаторов для установки каталитического риформинга для энергосбережения и повышения ресурсоэффективности. Каталитический риформинг – фундаментальный процесс в цепочке нефтеперерабатывающей отрасли республики. Эффективность каталитической стадии переработки нефти зависит от правильности выбора технологических режимов и активности, селективности и стабильности применяемых катализаторов. Катализаторы являются расходным материалом в нефтеперерабатывающей отрасли. Оптимизация работы позволит сократить энерго- и экономические затраты в несколько раз, т.к. катализаторы являются дорогостоящим

компонентом. Применение цифровых технологии является оптимальным решением для анализа и мониторинга работы крупногабаритных установок. Для проведения исследования был использован метод математического моделирования, который позволяет в полной мере учесть нестационарность и многофакторность процесса каталитического риформинга. С использованием фактических данных с промышленной эксплуатации Pt-Re катализаторов каталитического риформинга доказано, что для переработки высокопарафинистых нефтей Казахстана целесообразна загрузка катализатора ПР-71, который показал высокую селективность в реакциях каталитического риформинга дегидроциклизации парафинов. Соответственно, это уменьшит вредные выбросы в атмосферу, увеличится глубина переработки, продукты каталитического риформинга станут более качественными. Также это позволит использовать казахстанское сырье с аномальными реологическими свойствами более целесообразно.

Ключевые слова: каталитический риформинг, моторное топливо, цифровые технологии, прогностические модели, тестирование и выбор катализатора.

This article presents the results of testing and selection of catalysts for the installation of catalytic reforming to save energy and increase resource efficiency. Catalytic reforming is a fundamental process in the chain of the Republic's oil refining industry. The efficiency of the catalytic stage of oil refining depends on the correct choice of technological modes and activity, selectivity and stability of the catalysts used. Catalysts are consumable in the oil refining industry. Optimization of operation will reduce energy and economic costs several times, since catalysts are an expensive component. The use of digital technologies is the optimal solution for analyzing and monitoring the operation of large-sized installations. To conduct the study, we used a mathematical modeling method that allows us to fully take into account the non-stationary and multi-factor nature of the catalytic reforming process. Using the actual data from the commercial operation of Pt-Re catalytic reforming catalysts, it is proved that for the processing of high-paraffin oil in Kazakhstan, it is advisable to load the PR-71 catalyst, which has shown high selectivity in the reactions of catalytic reforming of paraffin dehydrocyclization. Accordingly, this will reduce harmful emissions into the atmosphere, increase the depth of processing, and improve the quality of catalytic reforming products. It is also possible to use Kazakhstan raw materials with abnormal rheological properties more expediently.

Keywords: catalytic reforming, motor fuel, digital technologies, predictive models, testing and selection of the catalyst.

МРНТИ 44.31.35

https://doi.org/10.48081/EEIL3978

С. Н. Сембин, Р. М. Баянов, К. М. Дюсенов
Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
г. Нур-Султан, Республика Казахстан.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ КАВИТАЦИИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В данной статье описаны теоретические преимущества и процесс использования акустической кавитации в производстве пищи, являющаяся одной из важнейших сфер деятельности человека. Также присутствует общая информация о таких понятиях, как кавитация, ультразвук и ультразвуковые частоты. Кроме того, в статье говорится о том, как основные компоненты (генератор электрической энергии, преобразователь и передатчик) ультразвуковой системы обработки способны применяться в данной индустрии. В добавок к вышеперечисленному, в статье раскрыты технологии, химические реакции и физические явления, которые играют немаловажную роль как и в процессе акустической кавитации, так и в определении состава, в выдержке и в производстве некоторых пищевых продуктов, и названы страны, которые имеют оборудования, используемые для осуществления таких задач.

Ключевые слова: кавитация, акустическая кавитация, процесс, промышленность.

Введение

В целом физический процесс кавитации близок к процессу кипения жидкости. Основное различие между ними заключено в том, что при повышении относительной скорости потока относительно тела понижается давление потока до давления насыщенных паров (вакуума). При этом жидкость вскипает, и образуются квитанционные парогазовые пузырьки микроскопических размеров. Квитанционные пузырьки, попадая в область повышенного давления, схлопываются (замыкаются, конденсируются) кумулятивными струями в точки. В этих точках, а их огромное количество, кумулятивные эффекты приводят к точечному повышению давлений до

десятков тысяч атмосфер, с образованием точечных температур в десятки тысяч градусов по Кельвину.

Крупномасштабное применение данной технологии до сих пор не распространено, при этом есть возможности для их реализации в различных отраслях пищевой промышленности и производства напитков. Кавитация не только популярна в молочных исследовательских установках и отраслях промышленности, но и имеет преимущества в снижении затрат, сокращении сроков производства, повышении эффективности производства и безопасности пищевых продуктов при сохранении качества. Кавитаторы могут использоваться для экстракции, эмульгирования, стерилизации и гомогенизации.

Метод: теоретический.

Результаты и обсуждение

Большинство людей знакомы с использованием ультразвука летучими мышами и дельфинами для ориентации и определения местоположения пищи. Они используют ультразвук в диапазоне частот 20-100 кГц. Типичный человеческий слух работает в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц. А пищевая промышленность использует ультразвуковые частоты в диапазоне от 20 кГц до 10 МГц.

Ультразвуковые частоты, используемые в пищевой промышленности, далее классифицируются на три диапазона, каждый из которых обеспечивает определенные преимущества. В низкочастотном, высокомощном диапазоне (20–100 кГц) используются волны большой амплитуды. Эти волны изменяют физико-химические свойства и/или структуру пищевых продуктов, поэтому их обычно называют энергетическим ультразвуком. В промежуточном диапазоне частот (от 100 кГц до 1 МГц) активируются химические реакции и могут образовываться свободные радикалы, обычно называемые сонохимией. Как на низких, так и на средних частотах звук проникает и распространяется синусоидальными волнами. Среда реагирует упругими колебаниями, вызывая акустическую кавитацию.

Акустическая кавитация является основным механизмом, посредством которого ультразвук воздействует на пищевые продукты.

В активной звуковой волне во время полу периодов разряжения появляются кавитационные пузырьки, которые быстро захлопываются впоследствии перехода в район увеличенного давления, порождая крепкие гидродинамические возмущения в воды. Во время данных захлопываний развиваются большие локальные мгновенные давления, достигающие сотен и тысяч атмосфер из-за чего появляется сильная ударная волна [1]. Это явление также включает в себя быстрое расширение и сжатие нано/микро-пузырьков газа в жидкости, обрабатываемой ультразвуком. Энергия создается путем образования волн давления. Внезапный и мгновенный коллапс пузырьков со скоростью десятков

тысяч раз в секунду порождает чрезвычайно высокие, локализованные температуры и давления. Эти условия приводят к высоким сдвиговым силам и образованию свободных радикалов, которые могут быть использованы для улучшения операций пищевой промышленности. В системах твердое тело-жидкость вызванные кавитацией пузырьки сжимаются асимметрично, в результате чего жидкость быстро движется от пузырька к твердой поверхности [2]. Это называется микроструйкой и приводит к быстрому тепло-массовому обмену на твердой поверхности, изменяя поверхностные структуры [3].

Высокочастотный, маломощный диапазон (1–10 МГц) ультразвука используется для диагностических применений в пищевой промышленности. Эти ультразвуковые волны не изменяют пищу, через которую они распространяются, и поэтому хорошо подходят для аналитических применений, таких как определение структуры, состава и физического состояния. Примеры включают измерение содержания белка, воды и жира в продуктах питания, изменение консистенции теста, оценку состава и чистоты масла, физических свойств теста, фальсификацию меда и многое другое, как написано в работе [4].

Типичная ультразвуковая система обработки состоит из трех основных компонентов: генератора электрической энергии, преобразователя и передатчика (излучателя). Генератор электрической энергии обеспечивает систему энергией, которая в большинстве случаев представляет собой электрический ток. Исключение составляет «жидкий свисток», который использует чистую механическую энергию для генерации ультразвука.

Второй компонент, преобразователь, является центральным элементом в любой ультразвуковой системе. Преобразователь конвертирует электрическую энергию (или механическую энергию) в звуковую энергию посредством механических колебаний на ультразвуковых частотах. Большинство коммерческих преобразователей пьезоэлектрические, но некоторые магнитострикционные. Пьезоэлектрические преобразователи генерируют физические колебания из цикличного электрического тока в физические колебания, а магнитострикционные устройства преобразовывают изменяющиеся магнитные поля в физические колебания.

Третий компонент, передатчик, используется для излучения (и в некоторых случаях усиления) ультразвуковых волн от преобразователя в среду. Излучатели могут быть выполнены в разных видах, которые тесно связаны между собой.

Несколько компаний США, Австрии, Германии, Франции и Швейцарии производят и поставляют ультразвуковое технологическое оборудование для пищевой промышленности.

Выводы

Ультразвуковая обработка – это относительно дешевая технология с широким спектром потенциальных применений для пищевой промышленности. Новые области применения включают выдержку вин и виски для получения более округлых вкусов и ароматов, усиление процессов ферментации и сокращение периодов отдыха, необходимых для приготовления теста для хлеба [3, 4].

Ожидается, что в будущем полностью автоматизированные ультразвуковые системы будут более регулярно интегрироваться в линии производства пищевых продуктов для повышения качества и безопасности пищевых продуктов при одновременной экономии энергии [5, 6].

Список использованных источников

1 **Хафизов, Ф. Ш., Хафизов, Н. Ф., Ванчухин, Н. П.** Процессы нефтепереработки в кавитационно-вихревых аппаратах. – Уфа : Изд-во Фонда содействия развитию научных исследований, 1999. – 112 с.

2 **Cui P., Zhang A., Wang S., Liu Y.** Experimental study on interaction, shock wave emission and ice breaking of two collapsing bubbles // Journal of Fluid Mechanics. – 2020. – № 897.

3 **Chemat, F., Zill-e-Huma, Khan, M. K.** Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction // Ultrasonics Sonochemistry. – 2011. – № 18. – С. 813–835.

4 **Feng, H., Barbosa-Canovas, G., Weiss, J.** Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing. – New York: Springer, 2011. – 666 с.

5 **Bora, H., Kamle, M., Mahato, D. K., Tiwari, P., Kumar, P.** Citrus Essential Oils (CEOs) and Their Applications in Food: An Overview // Plants. – 2020. – № 357.

6 **Panda, D., Saharan, V. K., Manickam, S.** Controlled Hydrodynamic Cavitation: A Review of Recent Advances and Perspectives for Greener Processing // Processes. – 2020. – № 220.

References

1 **Hafizov F.Š., Hafizov N.F., Vančuhin N.P.** Processy nefteperarabotki v kavitacionno-vihrevyh apparatah. [Oil refining processes in cavitation-vortex devices.] – Ufa : Izdatel'stvo Fonda sodejstviâ razvitiû naučnyh issledovanij, 1999. – 112 p.

2 **Cui P., Zhang A., Wang S., Liu Y.** Experimental study on interaction, shock wave emission and ice breaking of two collapsing bubbles // Journal of Fluid Mechanics. – 2020. – № 897.

3 **Chemat, F., Zill-e-Huma, Khan, M. K.** Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction // Ultrasonics Sonochemistry. – 2011. – № 18. – С. 813–835.

4 **Feng, H., Barbosa-Canovas, G., Weiss, J.** Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing. – New York: Springer, 2011. – 666 с.

5 **Bora, H., Kamle, M., Mahato, D. K., Tiwari, P., Kumar, P.** Citrus Essential Oils (CEOs) and Their Applications in Food: An Overview // Plants. – 2020. – № 357.

6 **Panda, D., Saharan, V. K., Manickam, S.** Controlled Hydrodynamic Cavitation: A Review of Recent Advances and Perspectives for Greener Processing // Processes. – 2020. – № 220.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

С. Н. Сембин, Р. М. Баянов, К. М. Дюсенов

Кавитация технологиясының тағам өнеркәсібінде қолдану турасындағы сұрақтар

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

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

S. N. Sembin, R. M. Bayanov, K. M. Dyussenov

Some questions about using technology of cavitation in food production

L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 11.12.20.

Бұл мақалада адам өміріндегі ең маңызды салалардың бірі, яғни тағам өндірісіндегі акустикалық кавитацияның теоретикалық басымдылығы мен процессі турасында сөз болады. Сонымен қатар, кавитация, ультрадыбыс пен ультрадыбыстық жиіліктер секілді түсініктер туралы жалпы ақпарат беріледі. Сондай-ақ, мақалада ультрадыбыстық өңдеу жүйесінің басты компоненттерінің (электрикалық энергияның генераторы, түрлендіргіш және таратқыштың) индустрияда пайдалану салалары аталып кетеді. Жоғарыда жазылғанға қоса, мақалада акустикалық кавитация процессінде ғана емес, тағамның құрамын анықтау, мерзімін сақтау және өндірісіндегі ерекше роль атқаратын технологиялар, химиялық

реакциялар мен физикалық құбылыстар жан-жақты ашылады, және бұл тапсырмаларды орындауға негізделген жабдықтармен қамтамасыз етілген бірнеше елдер аталып өтеді.

Кілтті сөздер: кавитация, акустикалық кавитация, процесс, өнеркәсіп.

This article describes the theoretical advantages and process of using acoustic cavitation in food production, which is one of the most important areas of human activity. There is also general information about such concepts as cavitation, ultrasound, and ultrasonic frequencies. In addition, the article describes how the main components (electric power generator, converter and transmitter) of an ultrasonic processing system can be used in this industry. In addition, the article reveals technologies, chemical reactions and physical phenomena that take an important role in the process of acoustic cavitation, as well as in determining the composition, aging and production of certain food products, and names countries that have equipment used for such tasks.

Keywords: cavitation, acoustic cavitation, process, production.

МРНТИ 53.31.21

https://doi.org/10.48081/RLCK7055

Л. Б. Толымбекова[1], А. М. Толымбеков[2], А. К. Жунусов[3], А.К. Жунусова[4]

[1,3,4]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

[2]АО ТНК «Казхром» Аксуский завод ферросплавов, Республика Казахстан, г. Аксу

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АНТРАЦИТА ДЛЯ ВЫПЛАВКИ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА

В данной статье приводятся результаты опытно-промышленных испытаний использования антрацита взамен кокса, с целью энергосбережения, в условиях текущего производства при выплавке высокоуглеродистого феррохрома на АО ТНК Казхром Аксуский завод ферросплавов (Казахстан).

Проблема снижения расхода металлургического кокса без уменьшения устойчивости протекания процессов касается всех переделов, но наиболее важна для стадии производства первичного металла. Минимальный расход кокса рационален как с точки зрения экономии энергии, а также по причине производства высокочистых по примесям металлургических полупродуктов.

Применение антрацита листвянского месторождения в условиях текущего производства при выплавке высокоуглеродистого феррохрома на печи типа РКЗ-63 показало себя с положительной стороны. Использование антрацита в навеске шихтовых материалов в количестве 100 кг не ухудшило технологического хода печи. Загружаемый в печь антрацит заменяет кокс практически 1/1. Низкое содержание фосфора в антраците позволяет получать готовый металл с более низким содержанием фосфора. В процессе использования антрацита идет значительная экономия электроэнергии, к тому же антрацит имеет также низкие содержания золы и серы, что благоприятно для технологического процесса и снижения содержания серы в товарном феррохроме.

Ключевые слова: антрацит, кокс, феррохром, восстановитель.

Введение

Производство хромистых сплавов в Казахстане в настоящее время сосредоточено на Актюбинском (АктЗФ) и Аксуском (АксЗФ) заводах ферросплавов, который был спроектирован и запущен на производство ферросилиция. Современные рыночные условия требуют от металлургической отрасли Казахстана диверсификацию производства: на Аксуском заводе ферросплавов освоение массового товарного выпуска сплавов новых для завода (высокоуглеродистого феррохрома на мощных и сверхмощных печах мощности 33 и 63 МВА) и для ферросплавной отрасли Казахстана (марганцевых ферросплавов) [1–10].

Режим работы рудовосстановительной ферросплавной печи во многом определяется свойствами углеродистого восстановителя: реакционной способностью, гранулометрическим составом и электрическим сопротивлением. Правильный подбор восстановителя обеспечивает устойчивую глубокую посадку электродов, в связи, с чем снижаются тепловые потери печи через колошник. Кроме того, применение восстановителей с высоким электросопротивлением способствует более благоприятному распределению мощности в ванне печи, увеличивает мощность электрических дуг и снижает мощность, выделяющуюся от прохождения тока в шихте.

Электрический режим рудовосстановительной печи тесно связан с энергосбережением и отражается на использовании вторичных энергоресурсов (ВЭР) и на экологической ситуации предприятия

Материалы и методы

В целях использования новых более дешевых шихтовых материалов и для борьбы с фосфором в готовом металле, а также в целях экономии электроэнергии в цехе № 6 при производстве высокоуглеродистого феррохрома был использован антрацит листвянского месторождения с более низким содержанием фосфора, чем в заринском коксе, применяемом в этом цехе. Антрацит по сравнению с коксом обладает повышенным удельным электросопротивлением, что является его преимуществом По данным АЗФ в таблице 1 приведены результаты химических анализов по содержанию фосфора в этих восстановителях. Так как основным поставщиком фосфора в готовом металле является восстановитель, то меньшее количество фосфора (в среднем на 0,05 %) в коксе весьма значимо для повышения качества выплавляемого феррохрома.

Таблица 1 – Содержания фосфора в опытных углеродистых восстановителях

Наименование	Содержание Р, %
Кокс заринский	0,057
Кокс заринский	0,062

Антрацит листвянский	0,012
Антрацит листвянский	0,0079

В таблице 2 приведены результаты анализов золы, летучих, влаги и серы вышеуказанных восстановителей.

Таблица 2 – Содержания золы, летучих, влаги и серы в опытных углеродистых восстановителях

Наименование	A^c	V^{daf}	W^p	$S^{общ}$
Кокс заринский	12,1	1,0	11,4	0,47
Кокс заринский	13,2	1,2	13,1	0,42
Антрацит листвянский	3,6	3,0	7,4	0,17
Антрацит листвянский	3,2	2,0	6,3	0,17

Как видно из таблицы 2, такие важные показатели как количество золы и серы у антрацита лучше. В таблице 3 приведены результаты анализа золы листвянского антрацита.

Таблица 3 – Состав золы листвянского антрацита

Наименование	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3
Антрацит листвянский	50,8	1,63	1,24	32,1	9,22

Для анализа и сравнения работы на листвянском антраците и без него выбрали печь № 64. Антрацит на печь в навеске шихтовых материалов подавали в количестве 50 кг, далее был перерыв в течении 10 дней, когда антрацит не подавался в связи с его отсутствием. При поступлении материала на завод навеска антрацита составила 70 кг. Во II и весь III период испытаний навеска антрацита составляла 100 кг. После работы на навеске антрацита 100 кг содержание фосфора в готовом металле заметно снизилось. В таблицах 4–6 показано содержание фосфора в готовом металле в I период испытаний, когда листвянский антрацит отсутствовал, во II период, когда навеска антрацита была 50 и 70 кг и в III период с навеской антрацита 100 кг. Из данных таблиц 4–6 следует, что во II периоде не произошло заметного снижения фосфора, так как в работе с антрацитом был перерыв: печь 5 суток работала без антрацита. Надо учесть, что печи цеха № 6 большегрузные и соответственно инертные, поэтому потребовалось какое-то время для того, чтобы работа с антрацитом сказалась на составах в готовом металле.

Таблица 4 – Содержание фосфора в готовом металле (январь)

Содержание фосфора, %								Средний анализ,%
0–0,02	0–0,025	0–0,03	0–0,035	0–0,04	0–0,045	0–0,05	> 0,05	
0	3,45	46,21	99,31	100	100	100	100	0,03

Таблица 5 – Содержание фосфора в готовом металле (февраль)

Содержание фосфора, %								Средний анализ,%
0–0,02	0–0,025	0–0,03	0–0,035	0–0,04	0–0,045	0–0,05	> 0,05	
0	1,49	59,7	96,27	100	100	100	100	0,03

Таблица 6 – Содержание фосфора в готовом металле (март)

Содержание фосфора, %								Средний анализ,%
0–0,02	0–0,025	0–0,03	0–0,035	0–0,04	0–0,045	0–0,05	> 0,05	
0	28,13	85,63	100	100	100	100	100	0,027

Еще один положительный технологический и экономический аспект заключается в том, что работа с антрацитом позволяет экономить более дорогостоящий кокс без ущерба для технологического хода печи. Из-за высокой реакционной способности количество загружаемого в печь антрацита полностью заменяет такое же количество кокса. Установлены сравнительные технико-экономические показатели работы печи № 64, а также расход шихтовых материалов и электроэнергии на 1 тонну годного металла при работе без антрацита и с антрацитом в навеске шихтовых материалов (таблица 7).

Таблица 7 – Технико-экономические показатели производства высокоуглеродистого феррохрома с использованием листвянского антрацита

Наименование	Ед. изм.	Печь № 64		
		I период	II период	III период
		Без антрацита	С антрацитом	
Сутки работы фактических		30,79	27,84	30,8
Получено хрома	т	3340,23	3025,8	3381,4
Произведено плавок		188	171	193
Средняя масса плавки	т	17,77	17,69	17,52
Производительность в фактические сутки	т	108,48	108,69	109,79
Фактически использованная Мощность	МВт	31243	30720	30839
Извлечение хрома	%	75,9	76,9	77,4

Удельный расход шихтовых материалов и электроэнергии (на 1 т феррохрома)				
Хромовая руда сухая базовая	кг/т	3591	2422	2851
Хроморудные брикеты	кг/т	260	1377	928
Кокс сухой	кг/т	832	679	519
Уголь	кг/т	16	-	-
Антрацит	кг/т	-	124	373
Восстановитель, всего	кг/т	842	803	888
Хромовые оборотные	кг/т	299	388	388
Металлоконцентрат	кг/т	18	58	0
Электроэнергия	кВт/т	6912	6784	6741

Извлечение хрома и с выборкой и без выборки в марте выше, а удельный расход электроэнергии ниже, чем в январе, когда лиственский антрацит не использовался. Надо отметить, что в марте использовалось больше хромовых оборотных чем в январе и это отразилось на экономии электроэнергии, но не использовался металлоконцентрат, а в январе хоть и в небольшом количестве, но металлоконцетрат использовался. Следовательно, технологически печь стала работать если и не намного лучше, то и не хуже. Что касается экономических затрат, то экономическая выгода при использовании лиственского антрацита очевидна. Согласно технико-экономическим показателям большая доля экономии (~700 тенге) из 1177 тенге на 1 тонну высокоуглеродистого феррохрома приходится на использование антрацита, так как при этом значительно сокращается использование более дорогостоящего кокса.

Выводы

Таким образом, применение антрацита лиственского месторождения в условиях текущего производства при выплавке высокоуглеродистого феррохрома на печи типа РКЗ-63 показало себя с положительной стороны. Использование антрацита в навеске шихтовых материалов в количестве 100 кг не ухудшило технологического хода печи. Загружаемый в печь антрацит заменяет кокс практически 1/1. Низкое содержание фосфора в антраците позволяет получать готовый металл с более низким содержанием фосфора. В процессе использования антрацита идет значительная экономия электроэнергии, к тому же антрацит имеет также низкие содержания золы и серы, что благоприятно для технологического процесса и снижения содержания серы в товарном феррохроме.

Список использованных источников

1 **Святов, Б. А., Кулинич, В. И.** Перспективы диверсификации производственной программы и технического развития Аксуского завода ферросплавов [Текст] // Физико-химические и технологические вопросы металлургического производства Казахстана / Сб. научн. тр. ХМИ им. Ж. Абишева. – Алматы : Искандер, 2002. – Т.30, кн. 2. – С. 282–288.

2 **Zayakin, O. V., Statnykh, R. N., Zhuchkov, V. I.** Study of the Possibility of Obtaining Non-Decomposing Slag During Low-Carbon Ferrochrome Production [Text] // Metallurgist, 2019. Volume 62. Issue 9–10. P. 875–881.

3 **Гриненко, В. И., Поляков, О. И., Гасик, М. И.** Хром Казахстана. – М. : Металлургия, 2001. 416 с.

4 **Абдулабеков, Е. Э., Гриненко, В. И., Избембетов, Д. Д.** Производство хромитовых окатышей для выплавки высокоуглеродистого феррохрома [Текст] // Сталь. 2003. № 5. С. 39–41.

5 **Лякишев, Н. П., Гасик, М. И.** Металлургия хрома. – М. : ЭЛИЗ. – 1999. – 582 с.

6 **Zhunusov, A., Tolymbekova, L., Abdulabekov, Ye., Zholdubayeva, Zh., Bykov, P.** Agglomeration of manganese ores and manganese containing wastes of Kazakhstan [Text] // Metallurgija, 60 (2021) 1–2. – P. 101–103.

7 **Гриненко, В. И., Петлюх, П. С., Такенов, Т. Д. и др.** Освоение технологии выплавки высокоуглеродистого феррохрома с использованием брикетированной мелочи хромитовой руды [Текст] // Сталь, 2001. № 12. С. 28–30.

8 **Samuratov, Ye., Kelamanov, B., Akuov, A., Zhumagaliyev, Ye., Akhmetova, M.** Smelting standard grades of Manganese ferroalloys from agglomerated thermo-magnetic Manganese concentrates [Text] // Metallurgija 59 (2020) 1, 85–88.

9 **Shabanov, E., Izbembetov, D. D., Baisanov, S. O., Shadiev, M. F.** Technology for the production of high-carbon ferrochromium using mono-briquettes [Text] // Izvestiya Ferrous Metallurgy, 2018, 61(9), – P. 702–707.

10 **Akuov, A., Samuratov, Y., Kelamanov, B., Zhumagaliyev, Y., Taizhigitova, M.** Development of an alternative technology for the production of refined ferrochrome [Text] // Metalurgija, 2020. – Vol. 59(4). – P. 529–532.

References

1 **Svıatov, B. A., Kýlınıch, V. I.** Perspektıvy dıversıfıkatsıı proızvodstvennoı programm'y ı tehnıcheskogo razvıtıa Aksýskogo zavoda ferrosplavov [Svyatov B. A., Kulinich V. I. Prospects for diversifying the production program and technical development of the Aksu Ferroalloy Plant] // Fızıko-hımıcheskıe ı tehnologıcheskıe

vopros'y metallýrgıcheskogo proızvodstva Kazahstana [Text] / Sb. naýchn. tr. HMI ım. J. Abısheva. – Almaty : Iskander, 2002. – T.30, kn. 2. – S. 282–288.

2 **Zayakin, O. V., Statnykh, R. N., Zhuchkov, V. I.** Study of the Possibility of Obtaining Non-Decomposing Slag During Low-Carbon Ferrochrome Production [Text] // Metallurgist, 2019. Volume 62. Issue 9–10. P. 875–881.

3 **Grınenko, V. I., Polıakov, O. I., Gasık, M. I.** Hrom Kazahstana. [Grinenko V. I., Polyakov O. I., Gasik M. I. Chrome of Kazakhstan] – M. : Metallýrgıa, [Text] 2001. 416 s.

4 **Abdýlabekov, E. E., Grınenko, V. I., Izbembetov, D. D.** Proızvodstvo hromıtov'yh okat'yshei dlıa v'yplavkı v'ysokoýglerodıstogo ferrohroma [Abdulabekov E. E., Grinenko V. I., Izbembetov D. D. Production of chromite pellets for smelting high-carbon ferrochrome] [Text] // Stal'. 2003. № 5. S. 39–41.

5 **Lıakıshev, N. P., Gasık, M. I.** Metallýrgıa hroma. [Lyakishev N. P., Gasik M. I. Chromium metallurgy] [Text] – M. : ELIZ.– 1999. – 582 s.

6 **Zhunusov, A., Tolymbekova, L., Abdulabekov, Ye., Zholdubayeva, Zh., Bykov, P.** Agglomeration of manganese ores and manganese containing wastes of Kazakhstan [Text] // Metallurgija, 60 (2021) 1-2. – P. 101–103.

7 **Grınenko, V. I., Petlıýh, P. S., Takenov, T. D. ı dr.** Osvoenıe tehnologıı vyplavkı vysokoýglerodıstogo ferrohroma s ıspolzovanıem brıketırovannoı melochı hromıtovoı rýd'y [Grinenko V. I., Petlyukh P. S., Takenov T. D. and others. Mastering the technology of smelting high-carbon ferrochrome using briquetted fines of chromite ore] [Text] // Stal', 2001. № 12. S.28–30.

8 **Samuratov, Ye., Kelamanov, B., Akuov, A., Zhumagaliyev, Ye., Akhmetova, M.** Smelting standard grades of Manganese ferroalloys from agglomerated thermo-magnetic Manganese concentrates // Metallurgija 59 (2020) 1, 85–88.

9 **Shabanov, E., Izbembetov, D. D., Baisanov, S. O., Shadiev, M. F.** Technology for the production of high-carbon ferrochromium using mono-briquettes // Izvestiya Ferrous Metallurgy, 2018, 61(9), – P. 702–707.

10 **Akuov, A., Samuratov, Y., Kelamanov, B., Zhumagaliyev, Y., Taizhigitova, M.** Development of an alternative technology for the production of refined ferrochrome [Text] // Metalurgija, 2020. – Vol. 59(4). – P. 529–532.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Л. Б. Толымбекова[1], А. М. Толымбеков[2], А. К. Жунусов[3], А. К. Жунусова[4]

Жоғары көміртекті феррохромды балқыту үшін антрацитті қолдануды зерттеу

[1,3,4]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
[2]«Қазхром» ТҰК АҚ Ақсу ферроқорытпа зауыты,
Қазақстан Республикасы, Ақсу қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

L. B. Tolymbekova[1], A. M. Tolymbekov[2], A. K. Zhunusov[3], A. K. Zhunusova[4]

Research application of anthracite for melting high-carbon ferrochrome

[1,3,4]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
[2]TNK «Kazchrome» JSC Aksu Ferroalloy Plant,
Republic of Kazakhstan, Aksu.
Material received on 11.12.20.

Бұл мақалада «Казхром» ТҰК АҚ Ақсу ферроқорытпа зауытында (Қазақстан) жоғары көміртекті феррохромды балқыту кезінде ағымдағы өндіріс жағдайында энергия үнемдеу мақсатында кокс орнына антрацитті пайдаланудың тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтарының нәтижелері келтірілген.

Үрдістердің тұрақтылығын төмендетпестен металлургиялық коксты тұтынуды азайту мәселесі барлық қайта бөлуге қатысты, бірақ бастапқы металды өндіру кезеңі үшін өте маңызды. Кокстың минималды шығыны энергияны үнемдеу тұрғысынан да, сонымен қатар қоспаларға жоғары таза металлургиялық жартылай өнімдерді өндіруге байланысты да ұтымды.

Листвянское кен орнының антрацитін РКЗ-63 типті пеште жоғары көміртекті феррохромды балқыту кезінде қазіргі өндіріс жағдайында қолдану оң нәтиже көрсетті. 100 кг мөлшерінде шихта материалдарын антрацитпен іліп пайдалану пештің технологиялық жүрісін нашарлатпады. Пешке жүктелген антрацит кокстың шамамен 1/1 алмастырады. Антрациттегі фосфордың төмен мөлшері, фосфор мөлшері аз дайын металды алуға мүмкіндік береді. Антрацитті пайдалану үрдісінде электр энергиясын айтарлықтай үнемдеу жүріп жатыр, сонымен қатар антрациттің құрамында күл мен күкірттің төмен мөлшері бар, бұл технологиялық үрдіске және тауарлық феррохромдағы күкірттің мөлшерін азайтуға қолайлы.

Кілтті сөздер: антрацит, кокс, феррохром, тотықсыздандырғыш.

This article presents the results of pilot tests on the use of anthracite instead of coke, in order to save energy, in the current production conditions when smelting high-carbon ferrochrome at TNK Kazchrome JSC Aksu Ferroalloy Plant (Kazakhstan).

The problem of reducing the consumption of metallurgical coke without reducing the stability of the processes applies to all processing, but is most important for the stage of primary metal production. The minimum consumption of coke is rational both from the point of view of energy saving, as well as due to the production of metallurgical semi-products with high purity in impurities.

The use of anthracite from the Listvyanskoye deposit in the current production conditions when smelting high-carbon ferrochrome on a furnace of the type РКЗ-63 (Ore-smelting furnace) proved to be positive. The anthracite usage in a batch of charge materials in the amount of 100 kg did not make worse the technological course of the furnace. Anthracite loaded into the kiln replaces coke almost 1/1. The low phosphorus content in anthracite makes it possible to obtain a finished metal with a lower phosphorus content. In the process of using anthracite, there is a significant energy saving, in addition, anthracite also has low ash and sulfur contents, which is favorable for the technological process and the reduction of sulfur content in commercial ferrochrome.

Keywords: anthracite, coke, ferrochrome, reducing agent.

МРНТИ 81.93.29

https://doi.org/10.48081/WLGL3153

М. А. Чуприна, А. Д. Тастенов, А. А. Бектасова
Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ТРАНСПОРТНАЯ СРЕДА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Телекоммуникационные системы и устройства активно используются в промышленности, экономике, и других сферах деятельности. Безусловно то, что они подвержены угрозам различного характера и назначения.

В области информационной безопасности выделяются четыре вида угроза информационной безопасности, а именно, угрозы:

– правам гражданина в области информационной деятельности;

– информационному обеспечению государственной деятельности страны;

– развитию средств информатизации и телекоммуникации;

– сохранности и эффективному использованию информационных ресурсов;

– безопасности информационных и телекоммуникационных систем.

Последний вид угрозы и является предметом исследования и анализа данной статьи.

Ключевые слова: телекоммуникационные системы, информационная безопасность.

Введение

Общеизвестно, что автоматизированные системы имеют широкий спектр различного назначения, используются в различных системах. Не исключение и телекоммуникационные системы с использованием методов распределенной обработки и передачи информации различного типа.

Материалы и методы

Сложное построение телекоммуникационных сетей, использование множества вариантов сетевых протоколов, а в большей степени использование

стеков протоколов, приводит к большим возможностям несанкционированного доступа к обрабатываемой и передаваемой информации.

Например, использование в автоматизированной телекоммуникационной системе разнородных (например, проводных и беспроводных) локальных сетей (LAN – local accses network) и техническая интеграция их единую систему дает более широкие возможности несанкционированного доступа.

Результаты и обсуждения

Информационная безопасность, как неотъемлемая часть функционирования телекоммуникационной системы, это состояние данных, при котором невозможно их случайное или преднамеренное раскрытие, изменение или уничтожение.

В этих условиях обеспечить безопасность информации возможно только при условии использования специальных программных и технических мер, прежде всего на основе контроля доступа к передаваемым в телекоммуникационной системе данным.

Межсетевые экраны (Firewall – брандмауэры, дословный перевод с английского языка «пожарная стена») с использованием методов организации виртуальных сетей – это самые эффективные средства технического и системного обеспечения безопасности распределенной обработки и передачи данных.

Firewall представляет собой технически целое и однокомпонентное устройство. Вторым признаком межсетевого экрана является характеристика его программного обеспечения, которое является программно-аппаратным. Оба признака характеристики межсетевого экрана определяют его комплексность.

Общим признаком характеристики Firewall является его функция, а именно, контроль за данными, поступающими в автоматизированную систему и/или выходящей из автоматизированной системы. Реализуется эта функция на основе принципа фильтрации данных, содержащий:

– анализ по совокупности критериев межсетевых протоколов;

– принятия решения о ее распространении в (из) автоматизированной системы

– разграничение доступа пользователей из одной LAN к объектам другой автоматизированной системы.

В результате:

– первое: запрещается или разрешается передача данных между объектами автоматизированной системы;

– второе: разрешается доступ из других автоматизированных систем или объектам своей автоматизированной системы только к ограниченным (разрешенным) объектам, а, следовательно, и субъектам, эксплуатирующих автоматизированную систему.

Реализуется это последовательностью фильтров, которые разрешают или запрещают передачу данных (пакетов) на следующий фильтр или уровень протокола.

Первые теоретические исследования проблем обеспечения безопасности информации были выполнены 1980 и 1990-е годы [1, 2, 3, 4, 5]. В этих работах:

– разработаны концепция защиты информации: задачи, методология, принципы реализации процессов обеспечения безопасности информации;

– обоснована необходимость создания отдельной подсистемы управления безопасностью информации в виде иерархической системы автоматизированных рабочих мест;

– обоснованы принципы построения систем защиты информации объектов информатизации с использованием программно-аппаратных средств защиты информации;

– рассмотрены принципы построения систем защиты, методы обеспечения сохранности информации в замкнутых автоматизированных, не использующих для передачи информации сети общего пользования.

Исходя из вышеприведенного, можно констатировать, что анализ методов, моделей и алгоритмов, реализующие требования к Firewall для распределенных автоматизированных систем являются актуальными.

Появление разнообразных инфокоммуникационных технологий создало в последние 20–30 лет основу для разработки распределенных автоматизированных систем различной управления и назначения.

Автоматизированные системы, самых разных назначений и сфер применения строятся с применением топологий телекоммуникационных сетей распределенного характера. Вариантов таких топологий немного. Это объясняется тем, что телекоммуникационные системы состоят из распределенных сетей LAN различного назначения, структуры и программно-аппаратной реализации.

Классифицировать топологии телекоммуникационных сетей распределенного характера по множествам ее признаков нецелесообразно, так как, это только усложнит понятийный аппарат. Возникнет ситуации, которую можно охарактеризовать как «классификация ради классификации», без какой-либо практической целесообразности.

Исходя из вышеизложенного, телекоммуникационные сети автоматизированных систем по структуре топологии удобно классифицировать как иерархические, опорные и древовидные (рисунок 1.1). Последние включают в себя и звездообразные топологии [6].

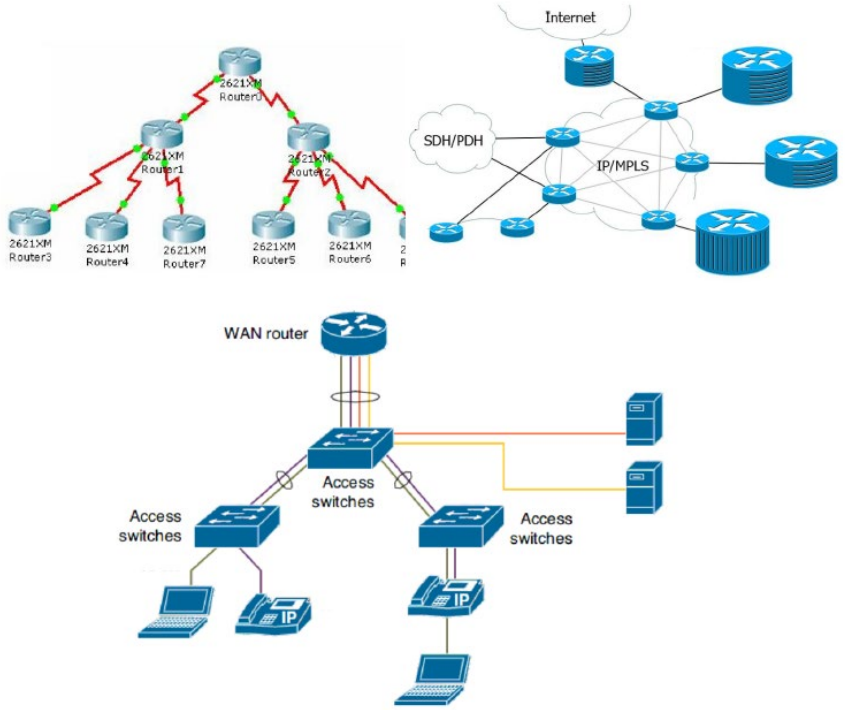


Рисунок 1 – Топологии телекоммуникационных систем

Сопрягающие устройство может соединять две или более отдельных сетей и называется межсетевым устройством или шлюзовой станцией. В настоящее время термины упрощаются используют термин шлюз.

Современные телекоммуникационные технологии разрабатываются на основе стандартов ISO, в числе основных принципов которых обеспечение пользователям сети быстрого доступа к телекоммуникационной системе. Однако это создает трудности в организации информационной безопасности в телекоммуникационных сетях и системах от несанкционированного доступа.

С 1986 года международными организациями стандартизации были приняты ряд документов [6, 7], требование обязательного обеспечения безопасности информации телекоммуникационных сетей и систем.

Телекоммуникационные системы – это объединенная совокупность распределенных корпоративных сетей, которые в свою очередь организуются сетями LAN филиалов, центральных офисов и т.п. с активным использованием глобальных сетей, прежде всего Internet.

Внешнее информационное взаимодействие между корпоративным сетями и даже сетями LAN реализуется через прямое подключение к Internet. При внутреннем информационном взаимодействии эти сети – это транспортная среда. Все это есть не что иное как виртуальная корпоративная сеть, построенную на базе сети общего пользования.

Как ясно из вышеизложенного, объединяющей структурой корпоративных сетей, включая и сети LAN стал Internet.

Использование Internet при кажущейся ее простоте и дешевизне далеко не оптимальное решение, прежде всего из-за ряда проблем, связанных с надежностью, доступностью и безопасностью.

Обеспечение надежности, доступности и безопасности, как факторов эффективной работы требуют тщательного анализа угроз безопасности информации и разработки оптимальной безопасности.

Наиболее простым решением является установка Firewall (межсетевого экрана) на границе LAN и Internet (рисунок 2).

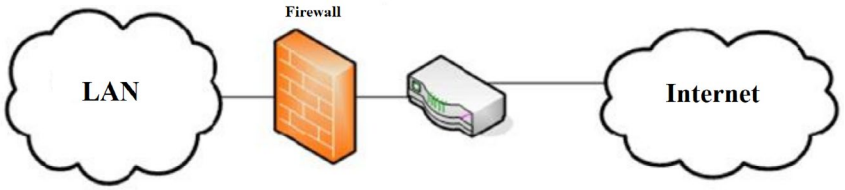


Рисунок 2 – Установка Firewall между LAN и Internet

Возможен также вариант с установкой двух Firewall, один из которых будет защищать LAN, а другой – DMZ (рисунок 3).

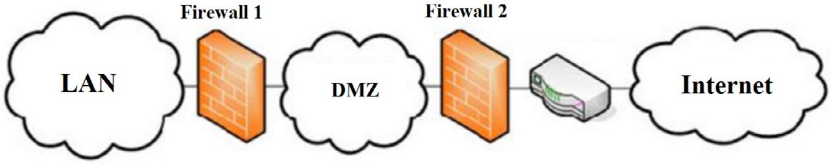


Рисунок 3 – Установка двух Firewall

DMZ – Demilitarized Zone – демилитаризованная зона – сегмент сети, содержащий общедоступные сервисы и отделяющий их от частных.

Существует более простой вариант с защитой зоны DMZ с помощью одного Firewall (рисунок 4).

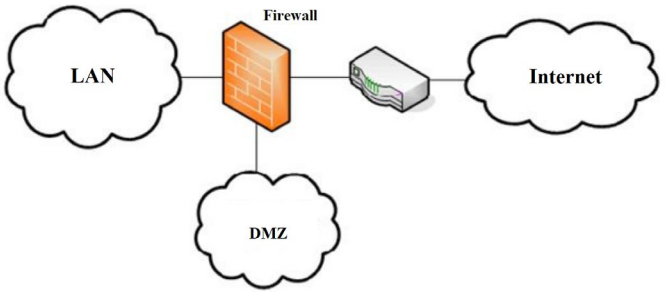


Рисунок 4 – Защита LAN и DMZ с помощью одного Firewall

Выводы

Firewall реализует политику сетевого доступа, пропуская через себя все соединения с сетью. Для каждого проходящего пакета Firewall принимает решение пропускать его или отбросить. Для этих целей необходимо определить набор правил фильтрации для Firewall.

Это позволяет резко снизить угрозу несанкционированного доступа извне в корпоративные сети, но, не устраняет эту опасность совсем.

Более защищенная разновидность данного метода – это способ masquerading, когда весь исходящий из LAN трафик посылается от имени Firewall-сервера, делая LAN практически невидимой.

При реализации Firewall рекомендуется использовать отдельную станцию с соответствующими аппаратными требованиями.

Список использованных источников

1 **Хоффман, Л. Дж.** Современные методы защиты информации: пер. с англ. – М. : Сов. радио, 1980.

2 **Шураков, В. В.** Обеспечение сохранности информации в системах обработки данных. – М. : Финансы и статистика, 1985, С. 224.

3 **Ухлинов, Л. М.** Управление безопасностью информации в автоматизированных системах. – М. : МИФИ. 1996, С. 112.

4 **Ухлинов, Л. М., Казарин, О. В.** Методология защиты информации в условиях конверсии военного производства. М. : Вестник ВОИВТ. 1994, № 2.

5 **Конявский, В. А.** Управление защитой информации на базе СЗИ НСД «Аккорд». – М. : Радио и связь, 1999, С. 325.

6 International Standards Organization. Information Processing Systems – Basic Reference Model. – Part 2 : Security Architecture. ISO/DIS 7498-2. – 1984. – 64 p.

7 International Standards Organization. Information Processing Systems – OSI Reference Model. – Part 2 : Security Architecture. ISO 7498/PDAD-2. – 1986. – 65 p.

8 **Богатырев, В. А.** Информационные системы и технологии. Теория надежности. М. : Юрайт, 2016 – 126 с.

9 **Лукьянов, В. С.** Оценка показателей надежности сетей / В. С. Лукьянов, С. В. Гаевой, Ф. А. Х. Аль-Хаджа // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2013. – № 8. – с. 47 – 52.

10 **Любимов, А. К.** Введение в теорию надёжности : проектно-ориентированный подход : Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород, 2014 – 164 с.

References

1 **Hoffman, L. Dj.** Sovremennye metody zaıty ınformatsıı: per. s angl. [Hoffman L. J. Modern methods of information security: trans. from English]. – M. : Sov. radio, 1980.

2 **Shýrakov, V. V.** Obespechenıe sohrannostı ınformatsıı v sıstemah obrabotkı dannyh. [Shurakov V. V. Ensuring the safety of information in data processing systems]. – M. : Finance and statistics, 1985, S. 224.

3 **Ýhlınov, L. M.** Ýpravlenıe bezopasnostıý ınformatsıı v avtomatızırovannyh sıstemah. [Ukhlinov L. M. Information security management in automated systems]. – M. : MEPhI. 1996, p. 112.

4 **Ýhlınov, L. M.**, Kazarın O. V. Metodologıa zaıty ınformatsıı v ýslovıah konversıı voennogo proızvodstva. [Ukhlinov L. M., Kazarin O. V. Methodology of information protection in the conditions of conversion of military production]. – M. : Bulletin VOIVT. 1994, no. 2.

5 **Konıavskıı, V. A.** Ýpravlenıe zaıtoı ınformatsıı na baze SZI NSD «Akkord». [Konyavskiy V. A. Information security management based on the information security system of the NSD «Akkord»]. – M. : Radio and communication, 1999, S. 325.

6 International Standards Organization. Information Processing Systems – Basic Reference Model. – Part 2 : Security Architecture. ISO/DIS 7498-2. – 1984. – 64 p.

7 International Standards Organization. Information Processing Systems – OSI Reference Model. – Part 2 : Security Architecture. ISO 7498/PDAD-2. – 1986. – 65 p

8 **Bogatyrev, V. A.** Informatsıonnye sıstemy ı tehnologıı. Teorıa nadejnostı. [Bogatyrev V. A. Information systems and technologies. Reliability theory]. – M. : Yurayt, 2016 – 126 p.

9 **Lýkıanov, V. S**. Otsenka pokazatelеı nadejnostı setеı / V. S. Lýkıanov, S. V. Gaevoı, F. A. H. Al-Hadja // Vestnık kompıýternyh ı ınformatsıonnyh tehnologıı. [Lukyanov V. S. Assessment of network reliability indicators / V. S. Luk'yanov, S. V. Gayevoy, F. A. Kh. Al-Khadja // Bulletin of computer and information technologies]. – 2013. – No. 8. – p. 47 – 52.

10 **Lıýbımov, A. K.** Vvedenıe v teorııý nadëjnostı : proektno-orıentırovannyı podhod : Ýchebno-metodıcheskoe posobıe. Nıjnıı Novgorod. [Lyubimov A. K. Introduction to the theory of reliability: project-oriented approach: Study guide. Nizhny Novgorod]. – 2014 – 164 p.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

М. А. Чуприна, А. Д. Тастенов, А. А. Бектасова

Телекоммуникация жүйелері автоматтандырылған басқару жүйелеріне арналған көлік құралы ретінде және ақпарат қауіпсіздігінің мәселелері

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

M. A. Chuprina, A. D. Tastenov, A. A. Bektasova

Telecommunication systems as a transport environment of automated control systemsand problems of information security

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 11.12.20.

Телекоммуникация жүйелері мен құрылғылары өнеркәсіпте, экономикада және басқа қызмет салаларында белсенді қолданылады. Олар әр түрлі сипаттағы және мақсаттағы қатерлерге ұшырайтыны айтпаса да түсінікті.

Ақпараттық қауіпсіздік саласында ақпараттық қауіпсіздікке қатердің төрт түрі бар, атап айтқанда қатерлер:

– азаматтың ақпараттық қызмет саласындағы құқықтары;

– елдің мемлекеттік қызметін ақпараттық қамтамасыз ету;

– ақпараттандыру және телекоммуникация құралдарын дамыту;

– қауіпсіздік пен ақпараттық ресурстарды тиімді пайдалану;

– ақпараттық және телекоммуникациялық жүйелердің қауіпсіздігі.

Қауіптің соңғы түрі осы мақаланы зерттеу мен талдаудың тақырыбы болып табылады.

Кілтті сөздер: телекоммуникациялық жүйелер, ақпараттық қауіпсіздік.

Telecommunication systems and devices are actively used in industry, economy, and other areas of activity. It goes without saying that they are exposed to threats of various nature and purpose.

In the field of information security, four types of information security threat are distinguished, namely:

– the rights of a citizen in the field of information activities;

– information support of the state activities of the country;

– development of means of informatization and telecommunications;

– safety and efficient use of information resources;

– security of information and telecommunication systems.

The latter type of threat is the subject of research and analysis of this article.

Keywords: telecommunication systems, information security.

SRSTI 73.43.81

https://doi.org/10.48081/NRCI1152

B. K. Shapkenov, L. B. Tyulyugenova, V. P. Markovsky
Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

DIFFERENCES OF AC AND DC DRIVES OF VARIOUS TRAMCARS MODELS

The article discusses the schematic diagram of the tram KTM-5M3. Moreover, describes comparative description of the technical properties of tram engines. The limitations and advantages of using mixed excitation motors for urban electric transport are shown.

Keywords: tramcar, schematic diagram, current, voltage, current overload, short circuit, engine, trolley.

Introduction

Analysis of the movement of the KTM 71-605 tramcar showed that in traction mode, both groups of engines receive power through a common starting rheostat. During braking, each group of engines operates on a separate brake rheostat.

Starting and acceleration of the car from a stop is carried out by turning on the driver's controller to one of the running positions, as a result of which the starting rheostats are gradually removed from the chains of traction motors, which have serial and parallel excitation together. Then the field of traction motors is weakened by disconnecting the parallel field coils and connecting the field attenuation shunts in parallel to the series field windings. During electrodynamic braking, each group of electric motors is shunted by its own brake rheostat. The excitation of traction motors in this case depends on the parallel excitation winding, which is partially switched on through the brake rheostat, as a result of which an anti-compound braking characteristic is created.

With rheostat braking, which is used as a service, each group of engines operates on its own stages of the brake rheostat, which contributes to a more stable braking mode, since the influence of one group of engines on another is excluded due to the inequality of characteristics and when there is a skid and skidding.

When the voltage disappears in the contact network or the fuse burns out in the parallel windings of traction motors, the electric braking is automatically replaced by braking with independent excitation of the successive windings from the battery and the charging generator of the auxiliary electric circuit.

Research object: urban electric transport.

Subject of the study: technical characteristics of tram engines.

Purpose: identify the most advanced types tram's engines.

Objective: analyze the technical characteristics of tram's engines.

Research methods and results: analysis, description, observation.

The KTM 71-605 car is equipped with an automatic control system. The KB control controller has a zero position, four positions for the start mode and five positions for the braking mode. The first starting position M is used for maneuvering mode-movement at low speed with fully inserted rheostats. In the 2nd position XI of the KB controller, the start is performed with a low acceleration of 0.6 m/s^2. The start ends at the 13th position, where the starting rheostats are removed and the independent excitation winding is disconnected [1].

The position X2 of the driver's controller differs from the position XI in that the car moves with a high acceleration 1.0−1.2 m/s^2. At the position of the driver's controller XS, the car moves with a maximum acceleration of 1.4 −1.5 m/s^2.

At the positions of the rheostat controller, following the 13th position, the increase in the speed of the car occurs when the excitation of the traction engines is weakened, and at the 17th position (the last), the greatest weakening of the excitation is obtained.

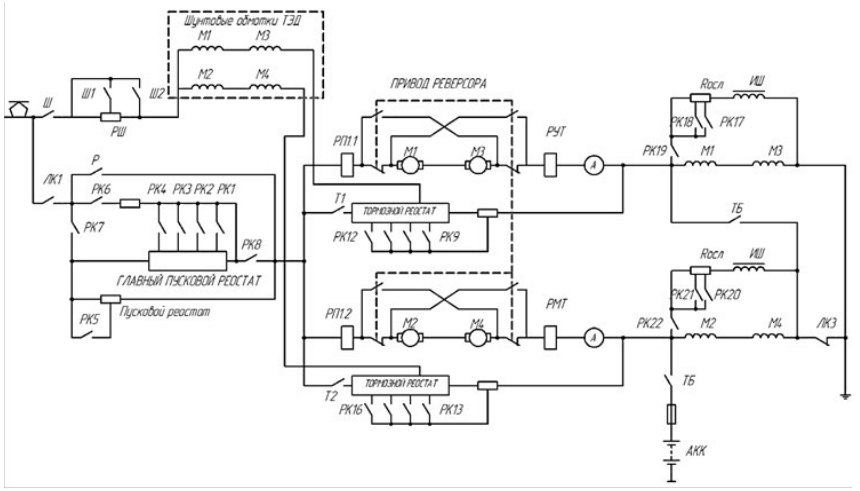


Figure 1 − Schematic diagram of power electric circuits of KTM-5M3 tram traction motors

The study showed that in the first three brake positions T1-T3 of the KD driver controller, non-automatic braking occurs, used to gradually increase the

braking force before service braking or to slow down the tramcar on inclines. At the T1 position, the current in the independent excitation winding and the braking force are the lowest.

In the T2 and T3 positions, the excitation current and braking force increase. The T4 position is used for service braking. At this position, the brake rheostats are output under the control of the РУТ acceleration and deceleration (braking) relay, and when the car speed decreases to 3-5 km/h, mechanical braking is applied to the rheostat braking. After setting the driver's controller handle to the TP position, the rail brakes take effect [2].

The KTM 71-608 tramcar is powered via a contact network with a direct current of 550 V and two batteries with a voltage of 24 V.

When starting the tramcar from the place, the starting and braking resistances are included in series with the windings of the electric motors and as the acceleration begins to be output in stages using the rheostat controller. Driving and braking modes are controlled from the driver's cab using a controller.

The KTM 71-608KM tramcars also have an auxiliary control panel located on the rear platform of the passenger compartment. For the operation of the tramcar in the front and rear of the tramcar, plug connectors for high-voltage and low-voltage communication are provided. In the event of a break in the tramcars, the scheme provides a protection system that initiates emergency braking of tramcars. In total, up to three tramcars can be used in the train.

The microprocessor-based automatic control system (MBCS) controls the rectifier-inverter converters, regulates the current of the TAD-21 engine and the speed of the tram.

The power circuits of the KTM 71-623 tramcar are powered from the contact network through a semi-pantograph installed in the front part of the roof. The car uses TAD-21 (4x50) traction asynchronous motors (table 1) with a supply voltage of 400 V, a nominal current frequency of 50 Hz, a nominal synchronous speed of 1500 rpm and a power of 50 kW. The engines are made on a modern element base and provide good energy and dynamic characteristics. The drive of each wheel pair is individual. In the braking mode, it is possible to recover electricity to the contact network [3].

Asynchronous traction motors are used, they have smaller weight and size indicators, are more reliable in operation and are much easier to maintain than DC motors.

Table 1 – Technical characteristics of tram engines

Engine type	ДК-259Г-3	ТЕ 022	ТЕ 023	ТЕ 028А01	ТАД-21	КР252
Power (kW))	50	45	45	103.5	50	50

Number of revolutions (rpm)	1160/4060	1750 /4200	1720/3910	1857/4300	1500/ 4000	1230/ 4060
Rated voltage (V)	275	300	300	300	467	275
Rated current (A)	211	150	175/100	380	76	175
Excitation	mixed	serials	serials	serials	—	independent
Insulation class	F	B	F	F	H	H
The weight of the unit	450 kg	320 kg	287 kg	530 kg	350 kg	465 kg

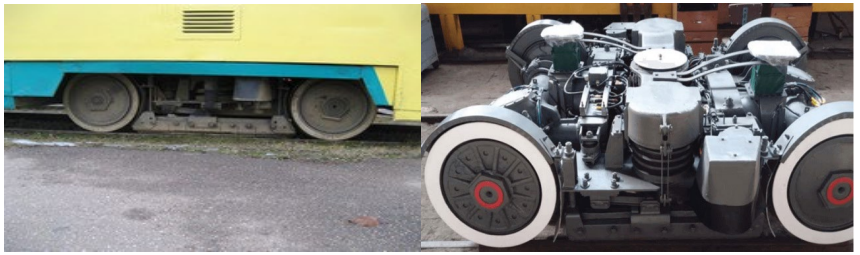
Direct current from the contact network with a voltage of 550 V is converted to alternating current of regulated voltage and frequency using traction inverters before being applied to electric motors, which receive control signals from the driver's cab from the microprocessor control system (MPCS).

The control circuits and auxiliary equipment are powered by batteries and a static voltage Converter БП-3Г DC 24 V (48 V) and AC 380/220 V with a frequency of 150–400 Hz.

The battery provides for some time the operation of the heating and lighting systems in the cabin in the absence of power from the contact network, and also allows the tram to move at a minimum speed in emergency mode for the possibility of entering the contact network in the event of a stop in the current-sharing zone [4].

Tatra RT6N1 is a six-axle three-section articulated tram for one-way traffic with 63 % low floor, equipped with a thyristor control system. The extreme bogies are motor bogies, the Central bogie is a support one with a parking disc brake.

The Tatra T6B5 tram has two motor trolleys designed for use on tracks with a gauge of 1524 mm. Each trolley is equipped with two traction motors (figure 2, a).



а) б)

Figure 2 – Tatra RT6N1 (a), Tatra 3 (b) tram trolley equipped with a mechanical brake on the engine shaft and a rail electromagnetic brake

Each trolley has two TE-023 DC electric motors with their own ventilation. The motors are connected in series, and each group of motors is controlled by

its own Converter. Engine power 45 kW. Accordingly, the total capacity of the tram is 180 kW.

The power circuit diagram of the Tatra T3 wagon contains four TE – 022 traction motors of sequential excitation, connected in series by two in a group, and both groups are connected to each other in parallel. Starting (and braking) rheostats are included in the accelerator device. Additionally, there are rheostats that are activated at the very initial moment of starting the car (starting damper rheostats).

Contactors and relays enable and disable various circuits when the car is running. The linear or main contactor turns on and off the current of the power circuit, and the maximum current relay is used to protect traction motors and power equipment from overload currents and short circuits. Inductive shunts serve to increase the speed of the car (the speed of rotation of the traction engine anchors) when the starting rheostats are withdrawn by weakening the excitation of the main poles of the engines[5–7].

Tatras T4, T6B5 are equipped with a thyristor-pulse control system for traction motors. In comparison with outdated PB3 with rheostat-contactor СУ Tatras save a lot of energy and provide smoother acceleration and braking.

Conclusions

Some restrictions on the use of mixed-excitation engines used on trams are due to the fact that during regenerative braking there is not always a consumer of electricity on the line, there is a need to equip traction substations with devices for absorbing the recovered energy in a special rheostat or for supplying it to the AC network.

The specific power consumption of T-2 and T-3 cars with sequential excitation engines is about 200 W/t·km, while on KTM-5M3 cars with mixed excitation engines, this power consumption is almost twice less.

Due to a number of advantages of mixed excitation engines Ust-Katav tramcar building plant named after S. M. Kirov installs DC motors with mixed excitation.

References

1 [Electronic resource]. – https://poezdvl.com/electrooborudovanie-tramvaev-i-troleybusov/ elektricheskaya-skhema-vagona-ktm-5m-3.html.

2 [Electronic resource]. – http://vagons.ttransport.ru/info.php?m=71-619A.

3 **Kaidar, M. B., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Shonaiev, D. T.,Asylov, N. E., Asylova, Zh. E., Tyulyugenova, L. B.** Zashchita tyagovykkh tramwayykkh seti / / Materials of the international scientific conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XVIII Satpayev Readings». – Pavlodar: S. Toraighyrov PSU, 2018. – additional volumes. 223-–230.

4 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Tyulyugenova, L. B., Shonaev, D. T., Asylova, Z. E., Asylov, N. E.** Aspects

on the simulation model of an electric transportation system / / Materials of the international scientific conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XVIII Satpayev Readings». – Pavlodar: S. Toraighyrov PSU, 2018. – additional volume. – p. 258–270.

5 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Zkhumadirova, A. K., Gabdulov, A. O., Tyulyugenova, L. B., Shonaev, D. T., Asylova, Z. E., Asylov, N. E.** Modular model structure of multi-motor vehicle// Materials of the international scientific conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XVIII Satpayev Readings». – Pavlodar : S. Toraighyrov PSU, 2018. –- additional volume. – p. 290–295.

6 **Markovskiye, V. P., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Tyulyugenova, L. B.** "Ksi toraigyrovskie chteniya": materials of the international scientific and practical conference. – Pavlodar: S. Toraighyrov PSU, 2019, No. 4, p. 209–217 UPBN 978-601-238-994-4 (Vol. 4)

7 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Markovskiye, V. P., Shapkenov, B. K., Zkhumadirova, A. K., Tyulyugenova, L. B.** Electrical Safety research systems PC systems. «Ksi toraigyrov readings»: materials of the international scientific and practical conference. – Pavlodar: S. Toraighyrov PSU, 2019, No. 4, p. 155–162 UPBN 978-601-238-994-4 (Vol. 4)

Material received on 11.12.20.

Б. Қ. Шапкенов, Л. Б. Тюлюгенова, В. П. Марковский

Трамвай модельдерінің айнымалы және тұрақты ток жетектерінің айырмашылықтары

Торайғыров университеті,
Павлодар қ., Қазақстан Республикасы.
Материал баспаға 11.12.20 түсті.

Б. К. Шапкенов, Л. Б. Тюлюгенова, В. П. Марковский

Отличия приводов постоянного и переменного тока различных моделей трамваев

Торайгыров университет,
г. Павлодар, Республика Казахстан.
Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Мақалада КТМ-5М3 трамвайының схемалық схемасы талқыланады. Сонымен қатар, трамвай қозғалтқыштарының техникалық қасиеттерінің салыстырмалы сипаттамасын сипаттайды. Қалалық электр көлігі үшін аралас қоздыру қозғалтқыштарын пайдаланудың шектеулері мен артықшылықтары көрсетілген.

Кілтті сөздер: трамвай, схемалық диаграмма, ток, кернеу, шамадан тыс жүктелу, қысқа тұйықталу, қозғалтқыш, троллей.

В статье рассматривается принципиальная схема трамвая КТМ-5М3. Кроме того, приводится сравнительное описание технических характеристик двигателей трамвая. Показаны ограничения и преимущества использования двигателей смешанного возбуждения для городского электротранспорта.

Ключевые слова: трамвай, принципиальная схема, ток, напряжение, токовая перегрузка, короткое замыкание, двигатель, троллей.

ГРНТИ 44.29.01

https://doi.org/10.48081/RRHB2196

С. К. Шерьязов[1], С. С. Исенов[2], А. Б. Кайдар[3]
[1]Южно-Уральский государственный аграрный университет, Челябинск, Российская Федерация;
[2]Казахский аграрный университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Республика Казахстан;
[3]Компания «Alstom, EKZ», докторант Казахского аграрного университета имени. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, Республика Казахстан

ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ SMART GRID СЕТЕЙ С ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Представленная статья посвящена вопросам ветроэнергетических установок.

В статье даны классификация и структурные схемы ВЭУ переменного тока, проведен анализ роли, места и особенностей функционирования ветроэнергетических установок в интеллектуальных электроэнергетических системах концепции Smart Grid с большой долей возобновляемых источников энергии. Приведен детальный анализ существующих ветровых агрегатов переменного тока. Даны рекомендации по повышению надежности работы ветроэнергетических установок в интеллектуальных сетях.

Большое внимание уделяется вопросу аппаратурной реализации систем генерации, преобразования и сопряжения существующей с электрической сетью

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветроэнергетические установки, концепция Smart Grid.

Введение

На сегодняшний день одним из путей сохранения окружающей среды на Земле и ее экологии является широкое использование альтернативных, экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Еще одним аргументом в пользу ВИЭ является то, что в условиях огромной территории (2,7 млн. км^2) и низкой плотности населения в РК (5,5 чел/км^2), значительны потери энергии при ее транспортировке удаленным потребителям. В этой

связи всемерное развитие местных возобновляемых источников энергии может являться экономической и экологической альтернативой крупным угольным электростанциям. Одним из наиболее динамично развивающихся коммерческих видов ВИЭ является ветроэнергетика.

В 2009 году вступил в силу Закон РК «О поддержке использования ВИЭ», а также необходимые для его реализации нормативные документы. Начали работать первые ветроэлектрические станции (ВЭС) в Акмолинской, Атырауской, Южно-Казахстанской и Алматинской областях с общей установленной мощностью свыше 160 МВт.

В настоящее время в связи с наличием проблемы исчерпания запасов ископаемых видов топлива (уголь, природный газ, торф, нефть и др.) в мире наблюдается тенденция развития и внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), из которых наиболее перспективными являются ветроэнергетические установки (ВЭУ). Однако при массовом внедрении как ВЭУ, так и других ВИЭ в электроэнергетическую систему (ЭЭС) появляется целый круг проблем, связанных с трудностями управления и поддержанием устойчивости параллельной работы. Для решения вышеуказанных проблем была разработана концепция интеллектуальной ЭЭС Smart Grid [1–4]. Однако, несмотря на это, как показано в [4], нерешенными остаются вопросы обеспечения качественной работы систем управления и систем релейной защиты и противоаварийной автоматики, особенно ВЭУ, при нестабильности первичных источников энергии (энергии ветра, солнца и т.д.). Поэтому анализ роли и места, а также проблемных моментов функционирования ветроэнергетических установок в интеллектуальных системах концепции Smart Grid является актуальным.

Вопросам анализа современных ветроэнергетических установок посвящено большое количество работ [1,4–14]. В [1, 6, 7, 9] присутствует описание ключевых особенностей основных типов ВЭУ без рассмотрения релейной защиты и автоматики. Также в [1] содержится краткая информация о системах управления ветровыми агрегатами (ВА) и роли ВА в интеллектуальных энергосистемах концепции Smart Grid. Работы [10–12, 14] посвящены анализу динамических режимов ВЭУ, а вопросы реализации и функционирования ВА релейной защиты и автоматики затрагиваются в [4, 13]. В существующих стандартах [5, 8] содержится классификации ветровых агрегатов, но без учета ряда особенностей современных ВЭУ.

Материалы и методы. Аналитический, статистический.

Современная ВЭУ представляет собой сложную и дорогостоящую электромеханическую систему преобразования первичной энергии ветрового потока во вторичную электрическую энергию. Ведущими производителями ВЭУ в настоящее время являются: Siemens AG (Германия), Vestas Wind Systems A/S (Дания), General Electric (США), Fuhrländer AG (Германия), Senvion SE

(Германия), Nordex SE (Германия) и Enercon (Германия). Единичная номинальная мощность современных ВЭУ колеблется от не- скольких киловатт до 10 МВт. Как правило, большинство ветроэнергетических установок являются трехлопастными с горизонтальной осью вращения, параллельной направлению ветрового потока. Опираясь на действующий государственный стандарт ГОСТ Р 51990, ВЭУ в зависимости от мощности подразделяют на четыре группы: первая группа (большой мощности) – свыше 1 МВт; вторая (средней мощности) – от 100 кВт до 1 МВт; третья (малой мощности) – от 5 до 100 кВт; четвертая (очень малой мощности) – менее 5 кВт [5]. Передовыми странами, в которых доля ВИЭ достаточно высока, являются Германия, Италия, Дания, Испания, КНР, Нидерланды и др. Например, к концу 2019 года, согласно [6, 7], процент ВИЭ в Германии составлял более 20 %.

ВЭУ классифицируют по многим признакам, основными из которых являются: вид вырабатываемой энергии, мощность, признак работы с постоянной или переменной частотой вращения ветроколеса (ВК) и т. д. Согласно ГОСТ Р 51990 ВЭУ в зависимости от вида вырабатываемой энергии подразделяют на две группы: механические и электрические [1]. Электрические ветроэнергетические установки, в свою очередь, подразделяют на ВЭУ постоянного и переменного тока (рис. 1) В данной работе уделим внимание рассмотрению исключительно электрическим установкам переменного тока сетевой подгруппы.

В электрических агрегатах переменного тока принципы использования и способы управления отличаются друг от друга. Так, автономные ВЭУ рассчитаны для работы изолированно на собственную электрическую сеть с целью снабжения энергией конкретного заданного потребителя.

Гибридные, или системные, ВЭУ предназначены для работы параллельно с другими энергетическими установками соизмеримой мощности (дизельные генераторы, малые ГЭС и т.п.) на общую электрическую сеть, ими образованную. Сетевые ВЭУ рассчитаны для работы непосредственно на параллельную работу с ЭЭС несоизмеримо большей мощности [1, 5].

Как известно, сетевой ветроэлектрический агрегат (ВА) с электрическим генератором предназначен для параллельной работы с ЭЭС, мощность которых является бесконечно большой или большей, но соизмеримой по сравнению с номинальной мощностью самого ВА [8]. Согласно существующей нормативно-технической документации, существует два признака работы сетевых ВЭУ: при постоянной частоте вращения ВК и переменной, что проиллюстрировано на рис. 2.

В первом случае способ управления – регулирование ВК при использовании в системе генерирования электрической энергии (СГЭЭ) либо синхронного генератора (СГ) или асинхронного генератора (АГ). Когда речь

идет о втором случае, то способом управления выступает регулирование ВК и полупроводникового преобразователя частоты (ПЧ), которое может быть осуществлено раздельно или совместно. Тогда в состав СГЭЭ могут входить АГ с ПЧ, СГ с ПЧ или асинхронный генератор двойного питания (АГДП).

Анализируя существующую в странах постсоветского пространства нормативно-техническую документацию, следует отметить, что в этих документах отсутствует классификация ВЭУ по типу базирования, а именно на оффшорные (морского базирования) и береговые (наземного базирования). Также отсутствует классификация установок по наличию или отсутствию редуктора между ВК и электрическим генератором.

Рисунок 1 – Общая классификация ВЭУ

При этом также не оговаривается, какой именно тип генератора должен входить в СГЭЭ ВЭУ конкретной группы.

На практике, исходя из современного состояния ветроэнергетики, можно выделить наиболее распространенные типы ветроэнергоустановок:

– ВЭУ на базе асинхронных генераторов с короткозамкнутым ротором (АГ с КЗР);

– ВЭУ на базе асинхронных генераторов двойного питания;

– ВЭУ на базе синхронных генераторов с классической обмоткой возбуждения на постоянном токе;

– ВЭУ на базе синхронных генераторов с постоянными (перманентными) магнитами на роторе (СГПМ).

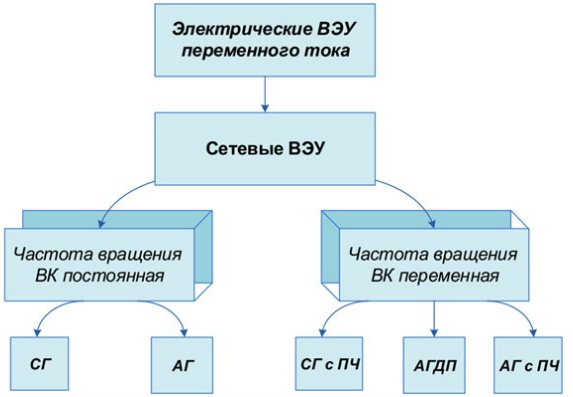


Рисунок 2 – Структурная схема сетевых ВЭУ

Как правило, АГ с КЗР устанавливаются на ВЭУ мощностью до 1 МВт. ВЭУ с АГДП присутствуют в диапазоне мощности от 1 до 5 МВт. ВЭУ с СГ с постоянными магнитами, а также с классической обмоткой возбуждения применяются при мощности свыше 3 МВт.

Упрощенные схемы главных электрических соединений ВЭУ с асинхронными генераторами приведены на рис. 3.

АГ с КЗР прямого подключения в ЭЭС (рис. 3а) применяются при постоянной угловой частоте вращения независимо от скорости ветра. Ключевой особенностью подобных ВЭУ является наличие дополнительных конденсаторных батарей, необходимых для компенсации потребления реактивной мощности. К достоинствам следует отнести простоту и надежность, а также относительно низкую стоимость по сравнению с другими типами ВА. К основным недостаткам относятся: неконтролируемое потребление реактивной мощности, низкое значение КПД для скоростей ветра, отличных от номинальной, передача колебаний скорости ветра в ЭЭС, а также наличие высокого механического напряжения. Система управления ВЭУ с АГ с КЗР, а конкретно контроль выходной мощности генерации использует следующие аэродинамические принципы, такие как регулирование потери скорости (пассивный контроль) и управление по тангажу [9–11].

Подключение АГ с КЗР к энергосистеме через полупроводниковый ПЧ (см. рис. 3б) применяется при переменной угловой частоте вращения, что позволяет генерировать напряжение промышленной частоты. Управление выполнено в данных ВЭУ с контролем по тангажу и с контролем ПЧ на стороне генераторного напряжения. К недостаткам следует отнести снижение эффективности машины при частоте вращения вала, меньшей номинального значения, наличие проблемы регулирования реактивной мощности, а также проблемы качества напряжения генерации в связи с наличием преобразователя частоты.

На рис. 3в представлена схема ВЭУ на основе асинхронного генератора с двойным питанием. АГДП – это асинхронный генератор с фазным ротором. Трехфазная обмотка статора генератора подключена через блочный повышающий трансформатор к ЭЭС. К обмотке ротора подключен полупроводниковый ПЧ, необходимый для изменения угловой частоты вращения в определенном диапазоне.

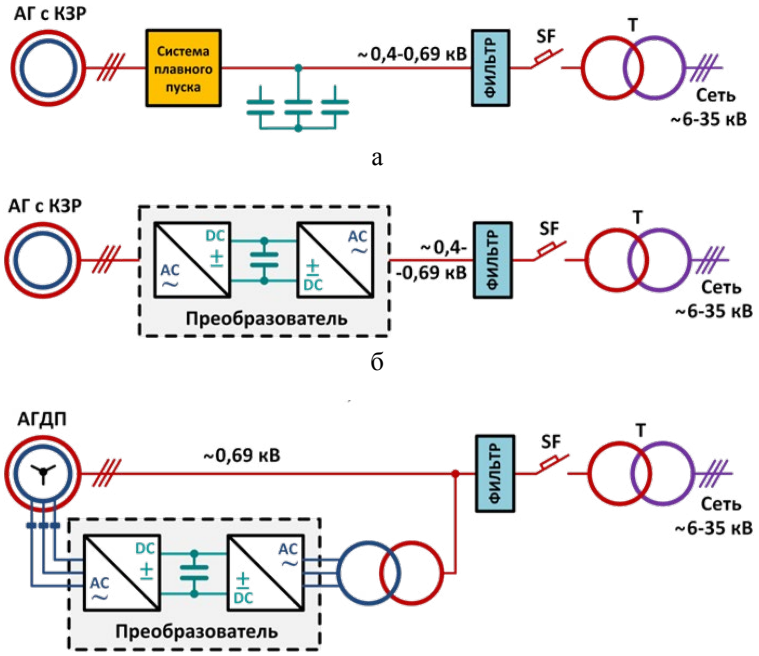


Рисунок 3 – Упрощенные схемы главных электрических соединений ВЭУ с АГ: а – ВЭУ с АГ с короткозамкнутым ротором прямого подключения; б – ВЭУ с АГ с короткозамкнутым ротором с преобразователем частоты в цепи статора; в – ВЭУ с асинхронным генератором двойного питания

Данный диапазон ограничен как техническими характеристиками самого ПЧ, так и механическими параметрами ВА. Положительной особенностью является возможность регулирования коэффициента мощности и реактивной мощности АГДП. К недостаткам следует отнести наличие щеточного аппарата машины с фазным ротором, что сказывается на снижении надежности ВЭУ, также проблемы с качеством напряжения в сети из-за использования ПЧ. С экономической точки зрения ВЭУ с АГДП дешевле, чем установки, использующие дорогостоящие преобразователи частоты в цепи генераторного напряжения.

Система управления ВЭУ с АГДП включает контроль тангажа, контроль с ограничением максимальной мощности, или MPPT-контроллер, а также контроль ПЧ цепи фазного ротора [1, 9–14].

На рис. 4 приведены упрощенные схемы главных электрических соединений ВЭУ с синхронными генераторами.

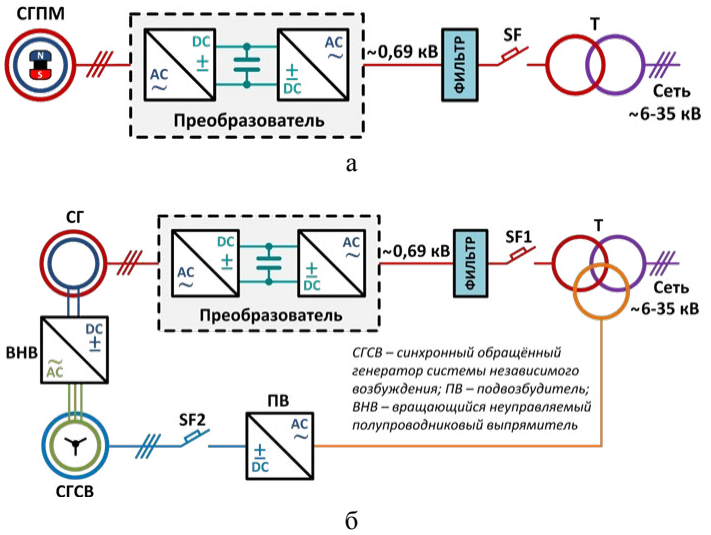


Рисунок 4 – Упрощенные схемы главных электрических соединений ВЭУ с СГ: а – ВЭУ с СГПМ;
б – ВЭУ с СГ с независимой бесщеточной системой возбуждения

Как правило, в данных ВЭУ отсутствует редуктор, что подразумевает непосредственную связь электрогенератора с ветротурбиной. Статор СГ подключается, как и в случае использования СГПМ (см. рис. 4а), так и в случае СГ с классической системой возбуждения (см. рис. 4б), к сети при помощи полупроводникового ПЧ, что позволяет турбине функционировать

с регулируемой угловой частотой вращения. В настоящее время наиболее распространены ВЭУ с синхронными явнополюсными генераторами с бесщеточной системой возбуждения. СГПМ включают постоянные, или перманентные, магниты на роторе, что позволяет удешевить и упростить конструкцию.

Результаты и обсуждение. Однако подобным машинам присущ недостаток потери требуемых магнитных свойств в процессе работы (размагничивание). Также к недостаткам вышеописанных схем с СГ можно отнести высокую стоимость ВЭУ по сравнению с другими типами ВА, влияние на ухудшение качества энергии в процессе генерации, а также наличие сложностей в управлении.

Система управления ВЭУ с СГ аналогична ветроэнергетическим установкам с АГДП [1,9].

В интеллектуальных ЭЭС концепции Smart Grid ветроэнергетические установки являются одним из ключевых ВИЭ.

Как правило, устанавливаемые ВЭУ образуют ветровые парки или ветровые электро- станции суммарной мощностью от нескольких десятков киловатт до сотен МВт. Как показано в [4], при большой доле ВИЭ в ЭЭС возникает проблема поддержания требуемого уровня генерации мощности ввиду непостоянства первичных природных источников энергии. Это приводит к возникновению проблем работы устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗиА), а также к усложнению управления. Также в отечественных стандартах и нормативных документах отсутствуют требования к построению защит ВЭУ с учетом их особенностей, что приводит к установке неэффективной стандартной защитной логики, которая некорректно работает в ряде анормальных и аварийных режимах работы, а особенно в ЭЭС Smart Grid.

Одним из решений вышеуказанных проблем является модернизация и разработка новых систем РЗиА ВЭУ, например, разработка адаптивных защит с использованием протокола МЭК (IEC) 61850 [1-4], что повлияет на повышение надежности.

Выводы

В работе произведен детальный анализ современных ветроэнергетических установок, в результате которого установлено, что наиболее рациональными и экономически выгодными являются ВЭУ с асинхронными генераторами двойного питания.

Установлено, что в рамках интеллектуальной электроэнергетической системы концепции Smart Grid ветроэнергетические установки являются одним из ключевых возобновляемых источников энергии, но при этом с наличием ряда специфических особенностей функционирования.

Для повышения надежности функционирования ВЭУ предложены пути модернизации релейной защиты и автоматики за счет разработки адаптивных защит с использованием протокола МЭК (IEC) 61850.

Список исполззованных источников

1 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Жанат, Ж., Айтжанов, С. Е., Жакып, К. Б., Файзулла, Д. Ф., Джансаринов, К. Е., Оспанова, Ж. М.** Жел энергиясынын түрлендірудін тиімділігін жоғарылату. Вестник ПГУ. Энергетическая серия. № 4, 2015. С. 60–64. ISSN 1811-1858.

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

3 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А, П., Марковский, В. П., Жумадирова, А. К., Шахман, Е. Т.** Энергоэффективные ветрогенераторы с улучшенными энергетическими показателями. Сборник Международной научно-практической конференции «YII Торайгыровские чтения. Качество жизни в Павлодарской области. Состояние и перспективы», посвященной 55-летию Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова. – Павлодар: 2015 г. , т. 5, с. 293-298. ISBN 978-601-238-552-6.

4 **Кислов, А. П., Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К.** Необходимость применения аккумуляторных накопителей в электроснабжении на основе возобновляемых источников // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 2. – С. 112–117.

5 **Кислов, А. П., Кайдар , А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К.** Выбор топологии инвертора с аккумуляторными накопителями // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 2. – С. 117–124.

6 **Кайдар, А. Б., Копырин, В. С., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Экспериментальные исследования инвертора с широтно-импульсной модуляцией для систем электроснабжения в возобновляемыми источниками энергии // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 137–143.

7 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Оценка средних и действующих значений тока, мощности статических потерь на этапах коммутации инвертора с широтно-импульсной модуляцией для систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 129–137.

8 **Sarsikeyev, Y. Zh., Kaidar, A. B., Lukutin, B. V., Obukhov, S. G., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M.** Turbulent

wind component using Kaimal s function = Турбулентная составляющая ветра с функцией Kaimal // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – P . 120–125.

9 **Кайдар, А. Б., Кислов , А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К., Акаев, А. М.** Оптимизация параметров систем электроснабжения с применением системного регулирования энергопотребления // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 153–157.

10 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Падруль Н. М.** Повышение эффективности преобразования энергии ветра // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 158–165.

11 **Bay, Yu. M., Rasulov, N. N., Nosov, A. N., Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M.** Cascaded H-bridge multilevel inverter drives // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – P. 27–32.

12 **Kaidar, A. B., Govorun, V. F., Padrul, N. M., Volgin, M. E., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Zhumadirova, A. K.** Artificial intelligent applications in condition monitoring and diagnosis of MLIDs = Применение искусственного интеллекта при контроле состояния и диагностике MLID // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – P. 43–48.

13 **Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M.** Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform = Диагностика типов неисправностей и места повреждений в каскадном MLID по выходному напряжению // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – P . 49–58.

14 **Лукутин, Б. В., Акаев, А. М., Шандарова, Е. Б., Сарсикеев, Е. Ж., Мустафина, Р. М., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К.** Стабилизация выходного напряжения микроГЭС за счет применения статических преобразователей частоты // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – С. 66–70.

Referenses

1 **Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Zhanat, Zh., Ajtzhanov, S. E., Zhaky`p, K. B., Fajzulla, D. F., Dzhansarinov, K. E., Ospanova, Zh. M.** Zhel e`nergiyasy`ny`n tyrlendirudin tiimdiligin zhoғary`latu. Vestnik PGU. E`nergeticheskaya seriya. [Kaydar, A. B., Chapkanov, B. K., Kislov, A. P., Janat, J., Aitzhanov S.E., Zhakyp, K. B., Faizulla, D. F., Casarino, K. E. Ospanova, Zh. M. YEL enerjisinin trended timign joarilla. Bulletin of PSU. The energy series]. No. 4, 2015. S. 60–64. ISSN 1811-1858.

2 **Shapkenov, B., Kaliev, B., Kajdar, A.** Teoriya i praktika e`nergeticheskix preobrazovatelej. Monografiya dlya studentov, magistrantov, aspirantov i ITR, rukovodyashhego i obsluzhivayushhego personala e`lektrostancij Izd. [Shapkenov, B., Kaliev, B., Kaidar, A. Theory and practice of energy converters. Monograph for students, undergraduates, postgraduates and ITR, management and maintenance personnel of power plants Ed.]. Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2014, 461 p.

3 **Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A, P., Markovskij, V. P., Zhumadirova, A. K., Shaxman, E. T.** E`nergoe`ffektivny`e vetrogeneratory` s uluchshenny`mi e`nergeticheskimi pokazatelyami. Sbornik Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «YII Torajgy`rovskie chteniya. Kachestvo zhizni v Pavlodarskoj oblasti. Sostoyanie i perspektivy`», posvyashhennoj 55-letiyu Pavlodarskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S. Torajgy`rova. [Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A, P., Markovsky, V. P., Zhumadirova, A. K., Shakhman, E. T. Energy-efficient wind generators with improved energy performance. Collection of the International scientific and practical Conference" YII Toraighyrov readings. Quality of life in Pavlodar region. State and Prospects", dedicated to the 55th anniversary of S. Toraighyrov Pavlodar State University]. - Pavlodar: 2015, vol. 5, pp. 293-298. ISBN 978-601-238-552-6.

4 **Kislov, A. P., Kajdar, A. B., Markovskij, V. P., Shapkenov, B. K.** Neobxodimost` primeneniya akkumulyatorny`x nakopitelej v e`lektrosnabzhenii na osnove vozobnovlyaemy`x istochnikov // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K. Necessity of application of accumulator accumulators in power supply on the basis of renewable sources // PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 2. – p. 112–117.

5 **Kislov, A. P., Kajdar , A. B., Markovskij, V. P., Shapkenov, B. K.** Vy`bor topologii invertora s akkumulyatorny`mi nakopitelyami // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K. Choosing the topology of an inverter with accumulator drives / / PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 2. – p. 117–124.

6 **Kajdar, A. B., Kopy`rin, V. S., Shapkenov, B. K., Markovskij, V. P.** E`ksperimental`ny`e issledovaniya invertora s shirotno-impul`snoj modulyaciej dlya sistem e`lektrosnabzheniya v vozobnovlyaemy`mi istochnikami e`nergii // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Kopyrin, V. S., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P. Experimental studies of an inverter with pulse-width modulation for power supply systems in renewable energy sources / / PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 3. – p. 137–143.

7 **Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovskij, V. P.** Ocenka srednix i dejstvuyushhix znachenij toka, moshhnosti staticheskix poter` na e`tapax kommutacii invertora s shirotno-impul`snoj modulyaciej dlya sistem e`lektrosnabzheniya s vozobnovlyaemy`mi istochnikami e`nergii // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P. Estimation of average and effective values of current, power of static losses at switching stages of an inverter with pulse-width modulation for power supply systems with renewable energy sources. = Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 3. – p. 129–137.

8 **Sarsikeyev, Y. Zh., Kaidar, A. B., Lukutin, B. V., Obukhov, S. G., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M.** Turbulent wind component using Kaimal s function = Turbulentnaya sostavlyayushhaya vetra s funkciej Kaimal // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Sarsikeyev, Y. Zh., Kaidar, A. B., Lukutin, B. V., Obukhov, S. G., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A.M. Turbulent wind component using Kaimal s function = Turbulent wind component with Kaimal function. Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 4. – P. 120–125.

9 **Kajdar, A. B., Kislov , A. P., Markovskij, V. P., Shapkenov, B. K., Akaev, A. M.** Optimizaciya parametrov sistem e`lektrosnabzheniya s primeneniem sistemnogo regulirovaniya e`nergopotrebleniya // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akaev, A. M. Optimization of parameters of power supply systems using system regulation of energy consumption // PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 3. – p. 153–157.

10 **Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Padrul` N. M.** Povy`shenie e`ffektivnosti preobrazovaniya e`nergii vetra // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Padrul N. M. Improving the efficiency of wind energy conversion. = Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 3. – P. 158–165.

11 **Bay, Yu. M., Rasulov, N. N., Nosov, A. N., Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M.** Cascaded N-bridge multilevel inverter drives // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Bay, Yu. M., Rasulov, N. N., Nosov, A. N., Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov B. K., Akayev, A. M. Cascaded H-bridge multilevel inverter drives // PMU habercisi=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – № 4. – P. 27–32.

12 **Kaidar, A. B., Govorun, V. F., Padrul, N. M., Volgin, M. E., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Zhumadirova, A. K.** Artificial intelligent applications in condition monitoring and diagnosis of MLIDs = Primenenie iskusstvennogo intellekta pri kontrole sostoyaniya i diagnostike MLID // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kaidar, A. B., Govorun, V. F., Padrul, N. M., Volgin, M. E., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Zhumadirova, A. K. Artificial intelligent applications in condition monitoring and diagnosis of mlids = Application of artificial intelligence in condition monitoring and diagnosis of MLID=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – № 4. – P. 43–48.

13 **Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M.** Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform = Diagnostika tipov neispravnostej i mesta povrezhdenij v kaskadnom MLID po vy`xodnomu napryazheniyu // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M. Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform = Diagnostics of fault types and fault locations in a cascaded MLID by output voltage // PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy.] – 2014. – No. 4. – P . 49–58.

14 **Lukutin, B. V., Akaev, A. M., Shandarova, E. B., Sarsikeev, E. Zh., Mustafina, R. M., Kislov, A. P., Markovskij, V. P., Shapkenov, B. K**. Stabilizaciya vy`xodnogo napryazheniya mikroGE`S za schet primeneniya staticheskix preobrazovatelej chastoty` // PMU xabarshy`sy`=Vestnik PGU. Ser. E`nergeticheskaya. [Lukutin, B. V., Akaev, A. M., Shandarova, E. B., Sarsikeev, E. Zh., Mustafina, R. M., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K. Stabilization of the output voltage of microges due to the use of static frequency converters // PMU khabarshysy=Bulletin of PSU. Ser. Energy]. – 2014. – No. 4. – p. 66–70.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

С. К. Шерьязов[1], С. С. Исенов[2], А. Б. Қайдар[3]

Smart Grid желілерін енгізудің алғышарттары жел энергетикалық қондырғыларымен ауыл шаруашылығында

[1]Оңтүстік Орал мемлекеттік аграрлық университеті,
Челябинск, Ресей Федерациясы;
[2] С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы;
[3]«Alstom, EKZ», С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

S. K. Sheryazov[1], S. S. Issenov[2], A. B. Kaidar[3]

Prerequisites for implementing Smart Grid networks with wind power plants in agriculture

[1]South Ural State Agrarian University,
Chelyabinsk, Russian Federation;
[2]S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan;
[3]«Alstom, EKZ» Company, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan.
Material received on 11.12.20.

Ұсынылған мақала жел энергетикасы мәселелеріне арналған.

Мақалада ауыспалы токтың жіктелуі мен құрылымдық схемалары келтірілген, жаңартылатын энергия көздерінің көп бөлігі бар Smart Grid тұжырымдамасының интеллектуалды электр-энергетикалық жүйелеріндегі жел электр қондырғыларының ролі, орны және жұмыс істеу ерекшеліктеріне талдау жасалған. Айнымалы токтың қолданыстағы жел қондырғыларына егжей-тегжейлі талдау жасалады. Зияткерлік желілердегі Жел энергетикалық қондырғыларының сенімділігін арттыру бойынша ұсыныстар берілді.

Қолданыстағы электр желісімен генерациялау, түрлендіру және жұптастыру жүйелерін аппараттық іске асыру мәселесіне көп көңіл бөлінеді.

Кілтті сөздер: жаңартылатын энергия көздері, жел энергетикасы қондырғылары, Smart Grid тұжырымдамасы.

The article is devoted to the issues of wind power plants.

The article presents the classification and structural schemes of AC wind turbines, analyzes the role, place and features of the functioning of wind power plants in intelligent electric power systems of the Smart Grid concept with a large share of renewable energy sources. A detailed analysis of existing AC wind turbines is presented. Recommendations for improving the reliability of wind power plants in smart grids are given.

Much attention is paid to the issue of hardware implementation of systems for generating, converting and interfacing existing ones with the electric network.

Keywords: renewable energy sources, wind power plants, Smart Grid concept.

МРНТИ 50.03.03

https://doi.org/10.48081/KLNS7556

А. Б. Шиныкулова[1], У. Умбетов[2] , И. О. Косяков[3], Е. К. Майлыбаев[4]

[1,3,4]Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, Республика Казахстан;
[2]Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Республика Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ЗАПАСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

В работе показано, что современное туристское предприятие является сложной организационно-экономической системой, в которой система управления строится по иерархическому принципу. В этой связи предлагается использование специальных методов автоматизированного управления, реализуемых в децентрализованных системах с распределенной структурой.

Децентрализованные системы представляют собой совокупность локальных систем управления, которые решают задачи управления отдельными структурными подразделениями с учетом координирующих воздействий со стороны центрального органа, решающего задачу управления для предприятия в целом. Каждая из локальных систем имеет полную свободу в принятии управляющих решений, что позволяет ей оптимизировать собственные цели любыми доступными для нее средствами с учетом заданных со стороны вышестоящего центрального органа директивных значений определенных производственных показателей.

Ключевые слова: управления запасами, системы снабжения.

Введение

Специфика постановки и решения задач исследования операций в отличие от задач классической теории оптимизации состоит в том, что в исследовании операций понятие модель включает составление математической модели, постановку задачи оптимизации и ее решение. В дальнейшем это легко проследить при исследовании задачи управления запасами.

Управление запасами является наиболее разработанным разделом исследования операций и связано с материальными, энергетическими и

информационными потоками. Это объясняется тем, что математическими моделями управления запасами может быть описано множество различных реальных ситуаций. В основном это оптимизационные задачи. Функциями цели в таких задачах, как правило, являются издержки, связанные с созданием, транспортировкой, хранением и возможностью возникновения дефицита

Анализ предшествующих исследований

Задача управления запасами состоит в определении такого размера партии приобретаемого ресурса и времени ее поставки, при которых суммарные издержки фирмы, связанные с созданием запаса и его хранением были бы минимальными.

Данная задача не является тривиальной, так как при этом необходимо учесть, что создание большого запаса приводит к возрастанию издержек, связанных с хранением, а при недостаточном запасе увеличиваются потери, связанные с дефицитом ресурса.

При разработке системы управления запасами необходимо учесть, что оптимизационные задачи могут быть многокритериальными. Подходы к решению таких проблем будут рассмотрены в следующей главе.

Классическими являются детерминированные модели с известным спросом в каждый момент времени. Несмотря на достаточную простоту, в настоящее время интерес к таким моделям существенно возрос. Это связано с тем, что в некоторых отраслях промышленности наиболее развитых индустриальных стран проявились организационно-технологические системы с жесткой синхронизацией производственных процессов, которые характеризуются тенденцией к минимизации запасов и в ряде случаев сведения их к нулю [1].

Модели, используемые при решении задач создания запаса, чрезвычайно разнообразны. Наиболее простая и известная детерминированная модель управления запасами это модель Уилсона, в которой спрос известен и постоянен во времени, издержки хранения пропорциональны количеству хранимого ресурса и интервалу времени, а дефицит недопустим. Требуется определить размер партии продукции и время поставки партии, позволяющие минимизировать затраты на создание и хранение запаса (рисунок 1).

Основной материал исследования

Задачи создания и управления запасами являются важной проблемой современной науки, так как применяются в различных областях деятельности человека. Возникновение теории управления запасами принято связывать с работами Ф. Эджуорта и Ф. Харриса, появившимися в конце 19 начале 20 веков. В этих работах исследовалась простая оптимизационная модель для определения так называемого экономического размера партии поставки для складской системы с постоянным равномерным расходом и периодическим поступлением хранимого продукта. В течение ряда лет эти исследования

оставались незамеченными ни в теоретическом ни в практическом плане. Бурное развитие теории управления запасами началось во время второй мировой войны и продолжилось после нее в рамках науки исследования операций.

Как наука, исследование операций получило стремительное развитие во время второй мировой войны, при планировании военных действий. Отсюда и появился термин «операция».

Одной из первых задач рассматривалась задача управления запасами, которая учитывала потоки снабжения действующей армии основными материальными ресурсами: боеприпасами, провиантом, горюче смазочными материалами и так далее.

В это время во многих странах для решения подобных задач были привлечены крупнейшие ученые.

После второй мировой войны известная американская фирма RAND CORPORATION создала специальный отдел. В этот отдел были приглашены для работы известные ученые в области прикладной математики со всего мира – Беллман Р, Лэсдон Л. С., Гейл Д, Акоф А, Куликовский Р. и другие. Они разработали основные принципы и методы исследования операций.

Основополагающие разделы исследования операций включают следующие задачи: управление запасами; распределение ресурсов; массовое обслуживание; замена оборудования; задачи недифференцируемой оптимизации (комбинаторные задачи).

Наиболее простая модель Уилсона и ее модификации успешно применяются во многих отраслях экономики.

Однако в настоящее время все более актуальными становятся модели с вероятностной характеристикой спроса и учетом риска выполнения операций создания запаса. Особый интерес представляют многопродуктовые модели управления запасами, которые должны учитывать некоторые общие ограничения, в частности, на объем складов(холодильников), на возможность транспортных перевозок. Это безусловно усложняет постановку и решение задачи условной оптимизации, так как возникает задача нелинейного программирования с учетом ограничений. Одним из известных решений такой задачи является метод неопределенных множителей Лагранжа. В других, более сложных постановках необходимо использовать методы декомпозиционной оптимизации, которые базируются на идеях системного анализа, изложенных в работах академиков Н. Н. Моисеева, В. В. Кафарова и других ученых. Вопросы декомпозиции при управлении сложными системами, какими в большинстве случаев являются системы управления запасами будут подробно обсуждаться в четвертой главе.

В развивающемся туристском бизнесе возникает ряд задач, связанных с созданием, хранением и использованием некоторых ресурсов.

Запасом будем называть неиспользуемые в данный момент, но пригодные к применению ресурсы, имеющие экономическую ценность. В качестве запасов могут выступать самые различные физические и экономические категории и объекты: сырье, готовая продукция, оперативные задачи, разработанные туры, номера в гостиницах, забронированные места в транспорте и в театрах, гиды, инструктора на турбазах и т.д. [2–4]

Запас может пополняться за счет новых поступлений или закупок и уменьшаться с течением времени за счет спроса.

Как известно, создание запасов и их хранение связано с некоторыми затратами, которые, как правило, разбиваются на две группы:

1 Издержки создания запасов.

Эти издержки состоят в наиболее простых случаях из переменной части, зависящей от величины запаса. Чаще всего предполагается, что эти переменные затраты имеют линейный характер и выражают собственно стоимость запасаемой продукции

$$K(x) = C \cdot x,$$

где x – количество приобретаемой продукции,

C – стоимость единицы продукции.

Другой составной частью издержек создания запаса является некоторая постоянная величина, возникающая при закупке партии продукции. Сюда обычно включают не зависящие от величины партии расходы: транспортные, административные и т.д. Обозначим такие издержки через C_S.

Таким образом общие издержки создания запасов в простейшем случае можно представить в виде:

$$K(x) = Cx + C_S.$$

2 Издержки, возникающие из-за наличия или отсутствия запасов. Эта статья затрат состоит в свою очередь из целого ряда расходов.

2.1 Затраты на хранение. Сюда относятся как непосредственно расходы на складирование продукции, так и расходы при порче продукции, ее устаревании. Обычно эти издержки принимаются пропорциональными величине запаса в единицу времени:

$$K(x) = C_1 \int_0^T x(t)dt,$$

где C_1 – стоимость хранения единицы продукции в единицу времени;

[0,T] – отрезок времени, на котором решается задача, т.е. период планирования запаса; *x(t)* – количество единиц продукции в момент времени *t* , $t \in [0,T]$.

2.2 Потери, связанные с невозможностью использования средств, вложенных в запасы, например, процент на капитал. Создание запасаемых излишков связано с финансовыми затратами. Эти финансы можно было бы вложить в банк и получить проценты.

2.3 Третья важная статья затрат этой группы связана с отсутствием запасов или, как часто называют, потери из-за дефицита. Часто в задачах по управлению запасами эти издержки принимают пропорциональными разнице между спросом и запасом, т.е.

$$K(x) = C_2 \int_0^T (x(t) - z(t))dt$$

где C_2 – штраф за неудовлетворенный спрос, т.е. потери, связанные с созданием дефицита единицы продукции в единицу времени, *z(t)* – реальный запас, x(*t*) – потребности в ресурсе.

В некоторых задачах управления запасами дефицит недопустим. Например, отсутствие горючего у экскурсионного автобуса во время обслуживания туристов. Тогда штраф C_2 полагается равным бесконечно большой величине, то есть

$C_2 = \infty$. В этом случае в качестве основного критерия оптимальности можно взять условие максимизации уровня обслуживания, т.е. минимизация вероятности дефицита.

Как видно из рисунка, существует цикл изменения запаса. Первоначальный запас равен x, а затем происходит его уменьшение за время t_S до нуля. Так как мы рассматриваем бездефицитную модель, то как только запас станет равным нулю, должна поступать новая партия продукции такого же размера x и т.д.

Рисунок 1 – Зависимость размера запаса закупаемой продукции от времени

Для такой модели оптимальный размер партии продукции, оптимальные значения срока закупки t^0_s и общих издержек $K(x^0)$ определяются формулами

$$x^0 = \sqrt{\frac{2C_S S}{C_1 T}},$$

$$t_S^0 = \sqrt{\frac{2C_S T}{C_1 S}},$$

$$K(x^0) = \sqrt{2C_1 C_S TS}.$$

Здесь Т – определяет промежуток времени на котором решается задача; S – общий спрос за этот период ; C_1 – стоимость хранения единицы продукции в единицу времени; C_S – затраты на приобретение и доставку одной партии продукции. На рисунке 2 приведен график функции издержек при равномерном потреблении ресурса.

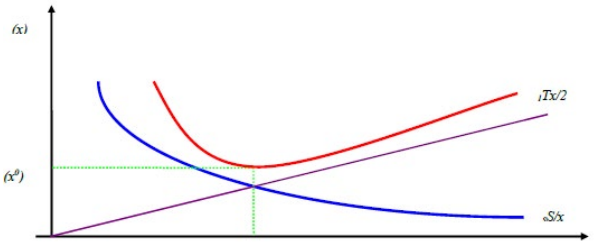


Рисунок 2 – Графическое определение минимальных суммарных издержек

Более сложные детерминированные модели связаны с возможностью возникновения дефицита при отсутствии запаса на складе (рисунок 3). Для такой модели также как и в предыдущем случае существует цикл изменения запаса. В течение времени t_1 имеющийся запас уменьшается до нуля. С этого момента начинается накопление невыполненных заказов, т.е. происходит рост дефицита.

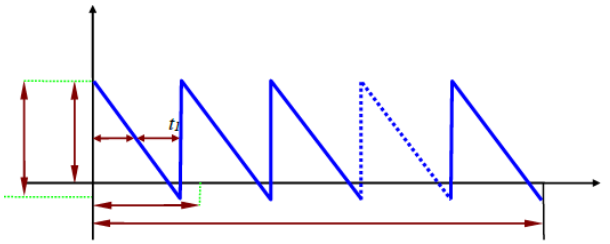


Рисунок 3 – Зависимость запаса продукции от времени при наличии дефицита

По истечению времени t_2 поступает партия ресурса, которая ликвидирует дефицит и создает запас. Далее запас уменьшается, возникает дефицит и цикл повторяется.

Функция затрат в этом случае в отличие от предыдущей модели зависит от двух переменных x и z, где x – это размер закупаемой партии, а z – уровень запаса продукции [3–6].

Оптимальные размеры партии и запаса, срока поставки партии, минимальные издержки в этом случае находятся по известным формулам:

$$x^0 = \sqrt{\frac{2C_S S}{C_1 T}} \cdot \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_2}},$$

$$z^0 = \sqrt{\frac{2C_S S}{C_1 T}} \cdot \sqrt{\frac{C_2}{C_1 + C_2}},$$

$$t_S^0 = \sqrt{\frac{2C_S T}{C_1 S}} \cdot \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_2}},$$

$$K(x^0, z^0) = \sqrt{2C_1 C_S TS} \sqrt{\frac{C_2}{C_1 + C_2}}.$$

Здесь Т, S, C_1, C_s имеют тот же экономический смысл, что и в предыдущей задаче, а C_2 означает штраф на дефицит единицы ресурса в единицу времени, $C_2 \neq \infty$.

Очевидно, что при $C_2 \to \infty$, выражение для оптимальных значений x^0, t_s^0, $K(x^0)$ из формул стремятся к значениям x^0, t_s^0 и $K(x^0)$, полученным по формулам (1.4) для модели без учета дефицита.

Так как

$$\sqrt{\frac{C_2}{C_1 + C_2}} \langle 1,$$

то суммарные издержки, полученные в задаче с учетом дефицита меньше, чем в задаче без дефицита. Поэтому в случае, когда значение C_2 небольшое, оптимальный уровень запаса должен быть таким, чтобы в некоторый момент времени спрос превышал запас.

Модель Уилсона с постоянным во времени спросом и мгновенным пополнением запаса может быть использована в тех случаях, когда однородный ресурс используется фирмой равномерно, с постоянной периодичностью пополняется, при этом фирма имеет надежных поставщиков запасаемой продукции.

Классическая модель управления запасами с учетом дефицита используется тогда, когда затраты на хранение ресурса более высокие, чем затраты, связанные с дефицитом в течение небольшого промежутка времени.

Существует множество других различных моделей управления запасами, связанных с конкретными ситуациями и видами систем запасов. Наиболее важной характеристикой модели является вид спроса на запасаемую продукцию. Чаще всего спрос имеет случайный характер, но во многих задачах его можно представить в виде некоторой функциональной зависимости.

Модели, в которых спрос неизвестен, а определены некоторые статистические характеристики, например, распределение вероятностей спроса, являются вероятностными моделями. В четвертой главе будет дан подробный анализ таких моделей.

Обычно проводят классификацию задач управления запасами в зависимости от трех основных факторов: структуры систем снабжения, детерминированности, поведения систем во времени [7–10].

Рассмотрим структуру систем снабжения. В индустрии туризма функционируют как простые, так и сложные по структуре системы управления запасами. Простые структуры характерны для небольших фирм, предприятий, гостиниц, туристских баз отдыха и т.д. В таких системах как правило используется структура, представленная на рисунке 4.

Рисунок 4 – Простая схема управления запасами

Однако в большинстве фирм, которые как было показано выше, являются сложными многоуровневыми системами управления с развитой топологией система снабжения имеет сложную разветвленную иерархическую структуру (рисунок 5).

Примером такой сложной системы снабжения является гостиница, которая обслуживает клиентов по различным направлениям, предоставляя им не только проживание, но и питание, развлечения, тренажерные залы, парикмахерскую, сауну и другие услуги. Реализация таких услуг требует оптимальной организации снабжения на каждом уровне управления запасами. При моделировании таких систем необходимо использовать подходы, подробно изложенные во второй главе.

В зависимости от вида спроса модели управления запасами делятся на детерминированные и стохастические.

Детерминированные модели не содержат неопределенных параметров, однако, достаточно идеализированы. При этом в настоящее время такие модели в отлаженных системах управления запасами используются достаточно часто.

В классических вероятностных моделях систем снабжения спрос является независимой неотрицательной случайной величиной с известным законом распределения. Однако, как считает ряд авторов, независимость последовательных значений спроса является также идеализацией.

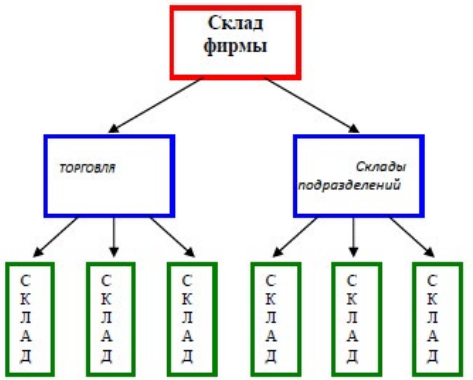


Рисунок 5 – Иерархическая многоуровневая структура системы снабжения

Коррелированность спроса в однопродуктовых системах управления запасами определяется как коррелированность во времени случайного процесса, характеризующего спрос на данный продукт или текущих значений спроса на продукт для разных складов многоскладовой системы. Для многопродуктовых систем существует коррелированность текущих одновременных

значений спроса на различные продукты для данного склада.

В наиболее сложном варианте можно рассматривать многоскладовую многопродуктовую задачу с временной, межскладовой и межноменклатурной корреляцией спроса. В четвертой главе будут рассмотрены проблемы детерминиро-ванного и стохастического моделирования

Поведение систем снабжения во времени позволяет выделить статические и динамические модели. В статических моделях принято считать, что основные параметры не изменяются во времени, т.е. на протяжении некоторого заданного отрезка времени остаются постоянными. Например, в статической детерминированной модели общий объем спроса на определенном интервале времени постоянен. Большинство задач управления запасами являются динамическими, так как основные переменные – спрос, поставки – меняются во времени.

Большой класс задач управления запасами связан с многопродуктовостью запасов. Отсюда следует много-элементность таких задач и соответственно сложность создания систем управления. Ограничения на размеры склада, где хранятся различные продукты, разные сроки годности и другие проблемы, связанные с их хранением, требуют тщательного анализа таких задач.

Выводы

Рассматриваемые вопросы трактуются с позиций управления на основе современных методов математического моделирования и оптимизации процессов принятия решений. Используемые подходы ориентированы на построение автоматизированных систем управления, обеспечивающих эффективный и объективный анализ ситуаций, оперативную выработку обоснованных решений по управлению.

Принцип децентрализации вполне укладывается в рамки современных рыночных методов и процедур управления производственными объектами. Соответственно, системы децентрализованного управления в наиболее полной мере отвечают современной организации производственной деятельности и используемым механизмам менеджмента. Проведены фундаментальные исследования в области решения конкретных задач организационного управления. В частности, задачи управления запасами и задачи оптимальной организации транспортных перевозок. Данные задачи могут быть отнесены к числу типовых производственных задач и потому предложенные методы и подходы к их решению имеют весьма широкую практическую направленность.

Список использованных источников

1 **Акоф, Р. Сасиени, М.** Основы исследования операций. М. : Мир,1971. 533 с.

2 **Анфилатов, В. С., Емельянов, А. А., Кукушкин, А. А.** Системный анализ в управлении. Учебное пособие. М. : Финансы и статистика. 2002. 367 с.

3 **Артамонов, А. Г., Володин, В. М., Авдеев, В. Г.** Математическое моделирование и оптимизация плазмохимических процессов. М. : Химия, 1989, 223 с.

4 **Беллман, Р.** Динамическое программирование./ Под ред. Воробьева Н.Н. М. : ИЛ, 1960.

5 **Бурков, В. Н.** Модели и методы управления организационными системами / В.Н. Бурков, В.А. Ириков. – М. : Наука, 1994. – 270 с

6 **Бурков, В. Н.** Теория активных систем: состояние и перспективы / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М. : Синтег, 1999. – 128 с.

7 **Вентцель, Е. С.** Исследование операций: задачи, принципы, методология. М. : Дрофа, 2004.

8 **Гуляев, В. Г.** Организация туристских перевозок. М. : Финансы и статистика. 2003, 510 с.

9 **Емельянов, С. В., Ларичев, О. И.** Многокритериальные методы принятия решений. М. : Знание,1985. – 132 с.

10 **Зайченко, Ю. П.** Исследование операций. Киев: Издательское объединение «Вища школа», 1975. – 321 с.

References

1 **Akof, R. Sasieni, M.** Osnovy` issledovaniya operacij. [Akof, R. Sasieni, M. Fundamentals of Operations Research]. – Moscow : Mir, 1971, 533 p.

2 **Anfilatov, V. S., Emel`yanov, A. A., Kukushkin, A. A.** Sistemny`j analiz v upravlenii. Uchebnoe posobie. [Anfilatov, V. S., Emelyanov, A. A., Kukushkin, A. A. System analysis in management. Textbook]. – M. : Finance and Statistics. 2002. 367 p.

3 **Artamonov, A. G., Volodin, V. M., Avdeev, V. G.** Matematicheskoe modelirovanie i optimizaciya plazmoximicheskix processov. [Artamonov, A. G., Volodin, V. M., Avdeev, V. G. Mathematical modeling and optimization of plasmochemical processes]. – Moscow : Khimiya, 1989, 223 p.

4 **Bellman, R.** Dinamicheskoe programmirovanie./ Pod red. Vorob`eva N. N. [Bellman, R. Dynamic programming./ Ed. Vorobyova N. N.]. – M. : IL, 1960.

5 **Burkov, V. N.** Modeli i metody` upravleniya organizacionny`mi sistemami / V. N. Burkov, V. A. Irikov. [Burkov, V. N. Models and methods of management of

organizational systems / V. N. Burkov, V. A. Irikov]. – M. : Nauka, 1994 – 270 p.

6 **Burkov, V. N.** Teoriya aktivny`x sistem: sostoyanie i perspektivy` / V. N. Burkov, D.A. Novikov. [Burkov, V. N. Theory of active systems: state and prospects / V. N. Burkov, D. A. Novikov]. – M. : Sinteg, 1999. – 128 p.

7 **Ventcel`, E. S.** Issledovanie operacij: zadachi, principy`, metodologiya. [Wentzel, E. S. Research of operations: tasks, principles, methodology]. – M. : Drofa, 2004.

8 **Gulyaev, V. G.** Organizaciya turistskix perevozok. M. : Finansy` i statistika. [Gulyaev, V. G. Organization of tourist transportation]. – M. : Finance and Statistics. 2003, 510 p.

9 **Emel`yanov, S. V., Larichev, O. I.** Mnogokriterial`ny`e metody` prinyatiya reshenij. [Emelyanov, S. V., Larichev, O. I. Multi-criteria methods of decision-making]. – Moscow: Znanie, 1985. – 132 p.

10 **Zajchenko, Yu. P.** Issledovanie operacij. Kiev: Izdatel`skoe ob``edinenie «Vishha shkola». [Zaichenko, Yu. P. Operations research. Kiev: Publishing Association «Vischa shkola»]. – 1975. – 321 p.

Material received on 11.12.20.

А. Б. Шиныкулова[1] , У. Умбетов[2], И. О. Косяков[3], Е. К. Майлыбаев[4]

Кәсіпорындардағы қорлардың оңтайлы деңгейін анықтау

[1,3,4]Қазақ қатынас жолдары университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;
[2]Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Қазақстан Республикасы, Түркістан қ.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

A. B. Shinykulova[1], U. Umbetov[2], I. O. Kosyakov[3], Y. K. Mailybayev[4]

Determination of the optimal level of stocks at enterprises

[1,3,4]Kazakh University Ways of Communications,
Republic of Kazakhstan, Almaty;
[2]Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,
Republic of Kazakhstan, Turkestan.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

Жұмыста заманауи туристік кәсіпорын басқару жүйесі иерархиялық қағидаға сәйкес құрылатын күрделі ұйымдық-экономикалық жүйе екендігі көрсетілген. Осыған байланысты бөлінген құрылымы бар орталықтандырылмаған жүйелерде іске асырылатын автоматанндырылған басқарудың арнайы әдістерін қолдану ұсынылады. Орталықтандырылмаған жүйелер – бұл тұтастай алғанда кәсіпорын үшін басқару мәселесін шешетін орталық органның үйлестіру әсерін ескере отырып, жеке құрылымдық бөлімшелерді басқару мәселелерін шешетін жергілікті басқару жүйелерінің жиынтығы. Жергілікті жүйелердің әрқайсысы басқару шешімдерін қабылдауда толық еркіндікке ие, бұл оған қол жеткізуге болатын кез-келген тәсілмен, жоғары орталық орган белгілеген белгілі бір өндірістік көрсеткіштердің директивалық мәндерін ескере отырып, өзінің мақсаттарын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: қорларды басқару, жабдықтау жүйелері.

The work shows that a modern tourist enterprise is a complex organizational and economic system in which the management system is built on a hierarchical principle. In this regard it is proposed to use special methods of automated control, implemented in decentralized systems with a distributed structure.

Decentralized systems are a set of local management systems that solve the management tasks of individual structural units, taking into account the coordinating influences from the central body that solves the management problem for the enterprise as a whole. Each of the local systems has complete freedom in making management decisions, which allows it to optimize its own goals by any means available to it, taking into account the directive values of certain production indicators set by the superior central body.

Keywords: inventory management, supply systems.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ

Абдикулова Зағипа Киргизбаевна, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті, Туркестан қ., 161200, Қазақстан Республикасы, e-mail: Azagipa@mail.ru

Абдилдаева Асель Асылбековна, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: abass_81@mail.ru

Абдуллина Гульнара Госманқызы, химия ғылымдарының кандидаты, қауымд.профессор (доцент), Инженерия Факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: gulnara_1277_@mail.ru

Айгожина Динара Габдулғазизқызы, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, Инженерия Факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail:dina7041976@mail.ru

Айтимов Мурат Жолдасбекович, PhD, Инженерлі технологиялық институті, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: m_j_ai@mail.ru

Айтмагамбетова Гульмира Аскербеккызы, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: gul_2904@mail.ru

Алимгазин Алтай Шурумбаевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: alimgazin_altai@mail.ru

Алькина Алия Даулетхановна, аға оқытушы, Инновациялық технологиялар факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: alika_1308@mail.ru,

Анарбаев Әлібек Ерсайынұлы, аға оқытушы, Электротехника және автоматтандыру кафедрасы, Торайғыров университетіб, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

Асқанбай Гаухар Тілеубердіқызы, техника ғылымдарының магистрі, лектор, Автоматтандыру және телекоммуникациялар факультеті, «М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы» АҚ, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: g.askanbay.kz@yandex.ru

Ахмедьянова Галия Казбекқызы, химия магистрі, аға оқытушы, Инженерия Факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: galiya_erlan@mail.ru

Ахметбекова Ардақ Мәжитқызы, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, тау-кен технологиялық институты Ө. А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Жезқазған қ., 100600, Қазақстан Республикасы e-mail: ardashka_14@mail.ru,

Ахметова Ирина Гареевна, техника ғылымдарының докторы, ғылыми жұмыс жөніндегі проректор, Қазан мемлекеттік энергетикалық университеті, Қазан қ., Ресей Федерациясы, e-mail: irina_akhmetova@mail.ru

Ахметова Сәуле Өкенқызы, PhD докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: saule_akhmetova_79@mail.ru

Әбдірашит Асылбек Мирамханұлы, Техника ғылымдарының магистрі,оқытушы, Техникалық факультеті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы, e-mail: asik_942017@mail.ru

Балбаев Ғани Құдайбергенович, PhD, доцент Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Ғарыш инженериясы және телекоммуникациялар институты, Алматы қ., 050000-050063, Қазақстан Республикасы, e-mail: gani_b@mail.ru

Баянов Р. М., магистрант, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bayanovrasul@gmail.com

Бегежан Гүлдана Нұрлыбекқызы, магистрант, Энергетика және компьютерлік ғылымдар факультеті, Торайғыров Университеті, Павлодар қ, 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: 961205400260@students.tou.edu.kz

Бейсенби Мамырбек Аукебайулы, профессор, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: beisenbi@mail.ru

Бекахметов Алибек Маратович, магистрант, инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Қазақстан Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: alibek_kz_pvl@mail.ru

Беккожина Бибигул Казизовна, докторант, 3 курс, «Электр энергетикасы» мамандығы, Инженерия және сандық технологиялар факультеті, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы, e-mail: bekkozhinab@mail.ru

Бектасова А. А., аға оқытушы, Электротехника және автоматика кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bektasova_aa@mail.ru

Бергузинов Асхат Нұрланұлы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: askhat_berguzinov@mail.ru

Бимұратқызы Жанар, магистрант, Инженерлі технологиялық институті, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhanar.bi@mail.ru

Битиманова Салтанат Серикбаевна, PhD докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: 87057685414@mail.ru

Бояндинова Алия Бесембековна, жобалау қызметін басқару жөніндегі менеджері, АҚ «Еуроазиаттық энергетикалық корпорация», Ақсу қ., 140100, Қазақстан Республикасы, e-mail: boyandinova95@mail.ru

Брейдо Иосиф Вульфович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Энергетика, автоматика және телекоммуникациялар факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100012, Қазақстан Республикасы, e-mail: jbreido@mail.ru

Бурумбаева Ғалия Рашидқызы, техника ғылымдарының магистрі, инженер, «Павлодар мұнай-химия зауыты», Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: burumbaeva.galiya@gmail.com

Волгина Екатерина Михайловна, техника ғылымдарының магистрі, PhD докторанты, «Электрэнергетик» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: volgina.em@mail.ru

Воронина Наталья Алексеевна, доцент, техника ғылымдарының кандидаты, Томск политехникалық университеті, Томск, 634050, Ресей Федерациясы, e-mail: voronina@tpu.ru

Гасымов Шахин Газанфар оглы, магистрант, «Механика және мұнай-газ ісі» кафедрасы, 140008, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ., e-mail: gasymov_97@mail.ru

Герасимова Юлия Викторовна, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, инженерлік және сандық технологиялар факультеті, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік-Қазақстан университеті, Петропавл қ., 1500000, Қазақстан Республикасы, e-mail: julyvic@mail.ru

Глазырина Наталья Сергеевна, PhD, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: glazirinan@yandex.ru

Дәуітбаева Айгүл Оспанқызы, техника ғылымдарының кандидаты, Инженерлі технологиялық институті, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aicos@mail.ru

Демьяненко Александр Валентинович, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Инженерия және сандық технологиялар» факультеті, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы, e-mail: demianenkoav@mail.ru

Диханбаев А. Б., аға оқытушы, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Алматы энергетика және байланыс университетінің, Алматы, Қазақстан Республикасы, e-mail: arystan.d74@gmail.com

Диханбаев Б. И., техника ғылымдарының докторы, қауымд. профессоры м.а., «Жылуэнергетика» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық университеті, Нур-Султан қ., Қазақстан, e-mail: otrar_kz@mail.ru

Дробинский Александр Васильевич, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: avd1942@rambler.ru

Дюсенов К. М., т.ғ.к., доцент, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kdyussenov@yandex.ru

Дюсова Ризагуль Муслимқызы, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ilchubayeva.r@teachers.tou.edu.kz

Ерқоңыр Әсел Күнтуғанқызы, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, тау-кен технологиялық институты Ө. А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Жезқазған қ., 100600, Қазақстан Республикасы, e-mail: erkonyr.asel@mail.ru

Есбосынов Қайратбек Төлеуұлы, PhD докторант, Көлік-жол факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: kairatbek_6d071300@mail.ru

Жакупов Амир Ерболатович, магистрант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhakupovamir.988@gmail.com

Жакупов Әділбек Мухамедхасанұлы, PhD докторант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: adilbek171188

Жаналинова Әсем Асқарқызы, студент, 4 курс, «РЭТ»мамандығы, «Тұран» университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhanalinovaassem@gmail.com

Жанахутдинов Б. Г., профессор, техника ғылымдарының кандидаты, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы

Жантлесова Әсемгүл Бейсембайқызы, PhD, аға оқытушысы, «Электр жабдықтарын пайдалану» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: acbizh@mail.ru

Жапаров Ернар Омарович, магистр, оқытушы, Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті, Туркестан қ., 161200, Қазақстан Республикасы, e-mail: ezhapparov@bk.ru

Жармакин Болатхан, аға оқытушы, Энергетика факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: asbizh@mail.ru

Жетенбаев Нұрсұлтан Талғатұлы, докторант, Сәтбаев Университеті, Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты, Алматы қ., 050000-050063, Қазақстан Республикасы. e-mail: nursultan.zhetenbaev@mail.ru

Жумагажинов Аскар Токишевич, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Инновациялық Еуразия университеті, Павлодар, 140003, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhumagazhinov1970@mail.ru

Жүнісов Абылай Қайыртасұлы, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Жүнісова Айгүл Қайыргельдықызы, техника және технологиялар магистрі, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhunusova.aig@mail.ru

Ивель Виктор Петрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, инженерлік және сандық технологиялар факультеті, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік-Қазақстан университеті, Петропавл қ., 1500000, Қазақстан Республикасы, e-mail: ivelvic@mail.ru,

Идельбаев Айзат Жубанышкалиевич, магистрант, Техникалық факультеті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы, e-mail: idelbayev.aizat@gmail.com

Исабеков Даурен Джамбулович, PhD, қауымд. профессор (доцент), Энергетикалық және компьютерлік ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Dauren_pvl2012@mail.ru

Исабеков Жанат Бейсембайұлы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Энергетика және компьютерлік ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asbizh@mail.ru

Исабекова Бибігүл Бейсембайқызы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Энергетика және компьютерлік ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asbizh@mail.ru

Исайкин Дмитрий Викторович, PhD докторант, Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы, 050063, Қазақстан Республикасы, dima87_i@mail.ru

Исенов Сұлтанбек Сансызбайұлы, техника ғылымдарының кандитаты, профессор, Қазақ аграрлық университеті С. Сейфуллин, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, isenov_sultan@mail.ru

Калиаскаров Нурбол Балтабаевич, докторант, инженерлік және сандық технологиялар факультеті, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік-Қазақстан университеті, Петропавл қ., 1500000, Қазақстан Республикасы, e-mail: 90nurbol@mail.ru

Калиев Жаныбек Жанатулы, PhD, ҚазККА қауымдастырылған профессоры, Автоматтандыру және телекоммуникациялар факультеті, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhanibek.84@mail.ru

Карменова Гульшат Маратовна, магистрант, Техникалық факультеті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы, e-mail: metallurgy20@mail.ru

Келаманов Бауыржан Сатыбалдыұлы, техника ғылымдарының кандитаты, қауымд. профессор (доцент),Техникалық факультеті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kelamanov-b@mail.ru

Кисикова Нұргүль Мырзабекқызы, физика-математика ғылымдарының кандитаты доцент, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: ksn@mail.ru

Кислов Александр Петрович, техника ғылымдарының кандитаты, доцент, профессор, Энергетика және компьютерлік ғылымдар факультеті, Торайғыров Университеті, Павлодар қ, 140008, Қазақстан Республикасы; e-mail: kislov.a@teachers.tou.edu.kz

Ковтарева Светлана Юрьевна, аға оқытушы, органикалық заттардың химиялық технологиясының магистрі, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kovtar_sw@mail.ru

Колесников Евгений Николаевич, техника ғылымдарының магистрі, PhD докторант, «Электрэнергетик» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140003, Қазақстан Республикасы, e-mail: jeka89_pvl@mail.ru

Косяков Игорь Олегович, PhD докторант, Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы, 050063, Қазақстан Республикасы, e-mail: heimmdal@mail.ru

Криштафович Милана Расуловна, магистрант, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: balieva-milana@mail.ru

Қабыкенов Сапар Жомартұлы, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Көлік-жол факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: sapargk@mail.ru

ҚабылқайырДәурен Нурланович, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kabylkairov91@mail.ru

Қайдар Арғын Бауыржанұлы, магистр техники, докторанты, технологиялық өндіріс инженері, «Alstom EKZ» компаниясы, Қазақ аграрлық университеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ аграрлық университеті, Нұр-Сұлтан, 010011, Қазақстан Республикасы

Қалиева Қазима Жаңбырбайқызы, техника ғылымдарының кандидаты, ҚазККА қауымд. профессоры, Автоматтандыру және телекоммуникациялар факультеті, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kazima_6507@mail.ru

Майлыбаев Ерсайын Құрманбайұлы, докторант, Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы, 050063, Қазақстан Республикаы, e-mail: ersind@mail.ru

Макушев Юрий Петрович, технологиялық. ғылыми жұмыс., доцент, Сібір мемлекеттік автомобиль және жол Университет (SibADI), Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail: makushev321@mail.ru.

Марковский Вадим Павлович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Электр энергетикасы» кафедрасы, Торайғыров университет, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: wadim54@mail.ru

Масакбаева Софья Руслановна, химия ғылымдарының кандидаты, профессор, қауымд. профессор (доцент), Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Қазақстан Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: sofochka184@mail.ru

Меирбекова Оксана Дайырқызы, аға оқытушы, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы, e-mail: Oksana_120183@mail.ru

Мехтиев Али Джаванширович, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд.профессор, Энергетика, автоматика және телекоммуникациялар факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ.,100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: barton.kz@mail.ru,

Мирзакулова Шарафат Абдурахимовна, PhD, доцент, «РЭТ» кафедрасы, «Тұран» университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: mirzakulova@mail.ru

Моисеева Светлана Петровна, физика-математикалық ғылымдарының докторы, профессор, , «Ықтималдықтар теориясы және математикалық

статистика» кафедрасы, Томбы мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті, Томбы қ., 634050, Ресей Федерациясы, e-mail: smoiseeva@mail.ru

Мустафин Әділбек Хамзинұлы, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия Факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: mustafin-51@mail.ru

Мусагажинов Мадияр Жалелович, докторант, Энергетикалық факультет, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: musagazhinov@bk.ru

Несмеянова Римма Михайловна, химия ғылымдарының кандидаты, профессор, қауымд. профессор (доцент), Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: nesm_r@mail.ru

Новожилов Александр Николаевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, «Электрэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: novozhilova_on@mail.ru

Новожилов Тимофей Александрович, техника ғылымдарының кандидаты, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау кафедрасының доценті, Омбы қ., 644011, Ресей Федерациясы, e-mail: timokvey@mail.ru

Олейник Артём Анатольевич, магистрант, Механика және мұнай-газ ісі кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: artem_oleynik_97@mail.ru

Оришевская Елена Вячеславовна, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, «Жылуэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: eva_pgu@mail.ru

Паюк Любовь Анатольевна, аға оқытушы, техника ғылымдарының кандидаты, Томбы политехникалық университеті, Томбы, 634050, Ресей Федерациясы, e-mail: pla@tpu.ru

Петров Павел Анатольевич, PhD, доцент, Инженерлік және сандық технологиялар факультеті, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік-Қазақстан университеті, Петропавл қ., 1500000, Қазақстан Республикасы, e-mail: paolo1988@mail.ru,

Пешеходова Елизавета Александровна, магистрант, Жылуэнергетика кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kira-abramova-1997@mail.ru

Приходько Евгений Валентинович, техника ғылымдарының кандидаты, магистранты, «Жылуэнергетика» кафедрасы, профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: john1380@mail.ru

Рахимбердинова Дилара Муратовна, техника ғылымдарының магистрі, PhD докторант, «Электрэнергетик» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140003, Қазақстан Республикасы, e-mail: Di_lara83@mail.ru

Розаев Иван Андреевич техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, ассистент, Томбы политехникалық университеті, Томбы қ., 634050, Ресей Федерациясы, e-mail: veazor@tpu.ru

Рындин Владимир Витальевич, техника ғылымдараның кандидаты, профессор, Инженерлік факультет, Торайғыров Университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: rvladvit@yandex.kz

Сайфулин Руслан Фаритович, техника ғылымдараның магистрі, докторант, оқытушы, «Электр энергетикасы» мамандығы, Энергетика, автоматика және телекоммуникациялар факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100012, Қазақстан Республикасы, e-mail: azoorjke@gmail.com

Саринова Асия Жумабаевна, техника ғылымдарының кандидаты, ассоц.профессор, «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: assiya_prog@mail.ru

Сатыбалдина Дина Жагыпаровна, Физика-математика ғылымдарының кандидаты, PhD, доцент, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: satybaldina_dzh@enu.kz

Сейтенова Ғайни Жұмағалиқызы, химия ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Сембаев Нұрболат Сәкенұлы, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд.профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: n.sembaev@mail.ru

Сембин С.Н. магистрант, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы

Сериков Тансауле Ғабдыманапұлы, PhD доктор, Қазақ Агротехникалық Университеті, Сейфуллин, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: tansaule_s@mail.ru

Смагулов Нуртас Нуржанович техника ғылымдарының магистрі, оқытушы-ассистент, инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: nursmag_93@mail.ru

Султангузин Ильдар Айдарович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «МЭИ» Ұлттық зерттеу университеті, Мәскеу қ., Ресей Федерациясы, e-mail: SultanguzinIA@mpei.ru

Талипов Олжас Манарбекович, PhD, қауымд.профессор (доцент), Энергетикалық және компьютерлік ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: talipov1980@mail.ru

Тастенов А. Д., техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Электротехника және автоматика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: tastenov@mail.ru

Темирбек Айжан, докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aiku08@ mail.ru

Толымбеков Азамат Магауяұлы, техника ғылымдарының кандидаты, жобалау тобының жетекшісі, «Қазхром» Трансұлттық компания» АҚ филиалы Ақсу ферроқорытпа зауыты», Өндірістік аймақ, Ақсу қ., Павлодар облысы, 140100, Қазақстан Республикасы, e-mail: lyazat-t@mail.ru

Толымбекова Лязат Байгабылқызы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: lyazat-t@mail.ru

Тулегенова Эльмира Нурлановна, экономика ғылымдарының кандидаты, Инженерлі технологиялық институті, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: etulegenova80@mail.ru

Тюлюгенова Ляззат Балтабаевна, докторант, «Электроэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: tlb_tore@list.ru

Умбетов Умирбек техника ғылымдарының докторы, профессор, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы, e-mail: uumbetov@mail.ru

Умурзакова Анара Даукеновна доцент, техника ғылымдарының кандидаты, PhD доктор, Инновациялық Еуразия университеті, Павлодар, 140003, Қазақстан Республикасы, e-mail:granat_72@mail.ru

Умурзакова Сабина магистрант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: umurzakovasabina@mail.ru

Уразалимова Дария Сансызбаевна, техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: dariya_u@mail.ru

Чуприна М. А., оқытушы (ассистент),«Электротехника және автоматика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140003, Қазақстан Республикасы, e-mail: lyubeckaya.marin@mail.ru

Шапкенов Бауыржан Кайдарович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Электр энергетикасы» кафедрасы, Торайғыров университет, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: argin_intel@mail.ru

Шерьязов Сәкен Қойшыбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, Оңтүстік Орал мемлекеттік аграрлық университеті, Челябинск қ., 454080, Ресей Федерациясы, e-mail: sakenu@jandex.ru

Шиныкулова Анель Барлыбековна, докторант, Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы қ., 050063, Қазақстан Рспубликасы, e-mail: Sh.anel14@mail.ru

Югай Вячеслав Викторович, PhD, Энергетика, автоматика және телекоммуникациялар факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: slawa_v@mail.ru

Яворовский Юрий Викторович, техника ғылымдарының кандидаты, меңгеруші, «Өнеркәсіптік жылуэнергетикалық жүйелер» кафедрасы, «МЭИ» Ұлттық зерттеу университеті, Мәскеу қ., Ресей Федерациясы, e-mail: yavorovskyyv@mpei.ru

СВЕДЕНИЯ О АВТОРАХ

Абдикулова Загипа Киргизбаевна, к.т.н., доцент, Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, Түркістан қ., 161200, Республика Казахстан, e-mail: Azagipa@mail.ru

Абдилдаева Асель Асылбековна, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: abass_81@mail.ru

Абдирашит Асылбек Мирамханулы, магистр технических наук, преподаватель, Факультет технический, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актобе, 030000, Республика Казахстан, e-mail: asik_942017@mail.ru

Абдуллина Гульнара Госмановна, кандидат химических наук, ассоц. профессор (доцент),Факультет Инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: gulnara_1277_@mail.ru

Айгожина Динара Габдулгазизовна, магистр технических наук, преподаватель Факультет Инженерии, Торайгыров университет, Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: dina7041976@mail.ru

Айтимов Мурат Жолдасбекович PhD, Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: m_j_ai@mail.ru

Айтмагамбетова Гульмира Аскербековна, магистр, ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», АО «Торайгыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан e-mail: gul_2904@mail.ru

Алимгазин Алтай Шурумбаевич, доктор технических наук, профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан, e-mail: alimgazin_altai@mail.ru

Алькина Алия Даулетхановна, ст.преподаватель, факультет инновационных технологий, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: alika_1308@mail.ru

Анарбаев Алибек Ерсаинович, старший преподаватель, кафедра «Электротехники и автоматизации», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

Асқанбай Гаухар Тілеубердіқызы, магистр технических наук, лектор, Факультет Автоматизации и телекоммуникации, Казахская академия транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: g.askanbay.kz@yandex.ru

Ахмедьянова Галия Казбековна, магистр химии, ст. преподаватель, Факультет Инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан e-mail: galiya_erlan@mail.ru

Ахметбекова Ардак Мажитовна, кандидат технических наук, доцент, Горно-технологический институт, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган, 100600, Республика Казахстан; e-mail: ardashka_14@mail.ru

Ахметова Ирина Гареевна, кандидат технических наук, проректор по научной работе, Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Российская Федерация, e-mail: irina_akhmetova@mail.ru

Ахметова Сауле Океновна, PhD докторант, Факультет информационных технологии, Евразийский Национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: saule_akhmetova_79@mail.ru

Балбаев Ғани Құдайбергенович, PhD, доцент, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, Институт космической инженерии и телекоммуникаций, г. Алматы, 050000-050063, Республика Казахстан, e-mail: gani_b@mail.ru

Баянов Р. М., магистрант, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан, e-mail: bayanovrasul@gmail.com

Бегежан Гүлдана Нұрлыбекқызы, магистрант, Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: 961205400260@students.tou.edu.kz

Бейсенби Мамырбек Аукебаевич, профессор, Факультет информационных технологии, Евразийский Национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: beisenbi@mail.ru

Бекахметов Алибек Маратович, магистрант, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: alibek_kz_pvl@mail.ru

Беккожина Бибигул Казизовна, докторант, 3 курс, специальность «Электроэнергетика», Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан, e-mail: bekkozhinab@mail.ru

Бектасова А. А., ст. преподаватель, кафедра «Электротехника и автоматизация», Торайгыров университет, г. Павлодар,140003, Республика Казахстан, e-mail:bektasova_aa@mail.ru

Бергузинов Асхат Нурланович, PhD, ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: askhat_berguzinov@mail.ru

Бимураткызы Жанар магистрант, Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: zhanar.bi@mail.ru

Битиманова Салтанат Серикбаевна, докторант PhD, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет

имени Л. Н. Гумилёва г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: 87057685414@mail.ru

Бояндинова Алия Бесембековна, менеджер по управлению проектной деятельностью, АО «Евроазиатская энергетическая корпорация», г. Аксу, 140100, Республика Казахстан, e-mail: boyandinova95@mail.ru

Брейдо Иосиф Вульфович, доктор технических наук, профессор, Факультет энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100012, Республика Казахстан, e-mail: jbreido@mail.ru

Бурумбаева Галия Рашидовна, магистр технических наук, инженер, ТОО «Павлодарский нефтехимический завод», г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: burumbaeva.galiya@gmail.com

Волгина Екатерина Михайловна, магистр технических наук, докторант, PhD кафедра «Электроэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail: volgina.em@mail.ru

Воронина Наталья Алексеевна, доцент, кандидат технических наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, 634050, Российская Федерация, e-mail: voronina@tpu.ru

Гасымов Шахин Газанфар оглы, магистрант, кафедра «Механики и нефтегазового дела», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: gasymov_97@mail.ru

Герасимова Юлия Викторовна, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Энергетики и радиоэлектроники», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан, e-mail julyvic@mail.ru

Глазырина Наталья Сергеевна, PhD, Факультет информационных технологий, Евразийский Национальный Университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: glazirinan@yandex.ru

Даутбаева Айгуль Оспановна, кандидат технических наук, Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: aicos@mail.ru

Демьяненко Александр Валентинович, кандидат технических наук, доцент, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан, e-mail: demianenkoav@mail.ru

Диханбаев А. Б., ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетики» Алматинский Университет Энергетики и Связи, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: arystan.d74@gmail.com

Диханбаев Б. И., доктор технических наук, и.о. ассоц. профессора кафедра «Теплоэнергетики», Казахский агротехнический университета

имени С. Суйфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: otrar_kz@mail.ru

Дробинский Александр Васильевич, кандидат технических наук, профессор (Казахстан), профессор, кафедра «Электротехника и автоматизация», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан e-mail: avd1942@rambler.ru

Дюсенов К. М., кандидат технических наук, доцент, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан, kdyussenov@yandex.ru

Дюсова Ризагуль Муслимовна, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ilchubayeva.r@teachers.tou.edu.kz

Ерқоңыр Әсел Күнтуғанқызы, кандидат технических наук, доцент, Горно-технологический институт, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган, 100600, Республика Казахстан, e-mail: erkonyr.asel@mail.ru

Есбосынов Кайратбек Тулеуович, PhD докторант, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: kairatbek_6d071300@mail.ru

Жакупов Адилбек Мухамедхасанович, PhD докторант, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: adilbek171188

Жакупов Амир Ерболатович, магистрант, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: zhakupovamir.988@gmail.com

Жаналинова Асем Аскаровна, студент, 4 курс, специальность «РЭТ», Университет «Туран», г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: zhanalinovaassem@gmail.com

Жанахутдинов Б. Г., кандидат технических наук, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

Жантлесова Асемгуль Бейсембаевна, PhD, ст. преподаватель, кафедра «Эксплуатация электрооборудования», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: acbizh@mail.ru

Жапаров Ернар Омарович, магистр, преподаватель, Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Түркістан, 161200, Республика Казахстан, e-mail: ezhapparov@bk.ru

Жармакин Болатхан, ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,

г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: asbizh@mail.ru

Жетенбаев Нұрсұлтан Талғатұлы, докторант, Satbayev University, Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени А. Буркитбаева, г. Алматы, 050000-050063, Республика Қазахстан, e-mail: nursultan.zhetenbaev@mail.ru

Жумагажинов Аскар Токишевич, ст. преподаватель, магистр технических наук, Инновационный Евразийский университет, Павлодар, 140003, Республика Казахстан, zhumagazhinov1970@mail.ru

Жунусов Аблай Каиртасович, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Жунусова Айгуль Каиргельдиновна, магистр техники и технологий, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zhunusova.aig@mail.ru

Ибрагимова Гульнар Ермековна, ст. преподаватель, Факультет Инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан e-mail: gulnar070779@mail.ru

Ивель Виктор Петрович, доктор технических наук, профессор, кафедра «Энергетики и радиоэлектроники», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан, e-mail ivelvic@mail.ru

Идельбаев Айзат Жубанышкалиевич, магистрант, Технический Факультет, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актобе, 030000, Республика Казахстан, e-mail: idelbayev.aizat@gmail.com

Исабеков Даурен Джамбулович, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: Dauren_pvl2012@mail.ru

Исабеков Жанат Бейсембайевич, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: asbizh@mail.ru

Исабекова Бибигуль Бейсембаевна, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: asbizh@mail.ru

Исайкин Дмитрий Викторович, докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан, e-mail: dima87_i@mail.ru

Исенов Султанбек Сансызбаевич, кандидат технических наук, профессор, Казахский аграрный университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: isenov_sultan@mail.ru

Кабикенов Сапар Жомартович, кандидат технических наук, доцент, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет,

г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: sapargk@mail.ru

Кабылкайыр Даурен Нурланович, магистр, технических наук, старший преподаватель, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kabylkairov91@mail.ru

Кайдар Аргын Бауыржанулы, магистр техники и технологий, докторант, Казахскийого аграрный университет имени С. Сейфуллина, Компания «Alstom, EKZ», г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан

Калиаскаров Нурбол Балтабаевич, докторант, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 1500000, Республика Казахстан, e-mail: 90nurbol@mail.ru

Калиаскаров Нурбол Балтабаевич, докторант, Факультет инженерии и цифровых технологии, г. Петропавловск, 1500000, Республика Казахстан, e-mail: 90nurbol@mail.ru,

Калиев Жаныбек Жанатулы, PhD, ассоц. профессор КазАТК, Факультет автоматизации и телекоммуникации, Казахская академия транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: zhanibek.84@mail.ru

Калиева Казима Жанбырбаевна, кандидат технических наук, ассоц. профессор КазАТК, Факультет автоматизации и телекоммуникации, Казахская академия транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: kazima_6507@mail.ru

Карменова Гульшат Маратовна, магистрант, Технический Факультет, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актобе, 030000, Республика Казахстан, e-mail: metallurgy20@mail.ru

Келаманов Бауыржан Сатыбалдыулы, кандидат технических наук, ассоц. профессор (доцент), Технический Факультет, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актобе, 030000, Республика Казахстан, e-mail: kelamanov-b@mail.ru

Кисикова Нургуль Мырзабековна, кандидат физико-математических наук, доцент, Факультет информационных технологий, Евразийский Национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: ksn@mail.ru

Кислов Александр Петрович, кандидат технических наук, доцент, профессор, Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kislov.a@teachers.tou.edu.kz

Ковтарева Светлана Юрьевна, ст. преподаватель, магистр химической технологии органических веществ, Факультет естественных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kovtar_sw@mail.ru

Колесников Евгений Николаевич, магистр техники и технологии, докторант, кафедра «Электроэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар,140008, Республика Казахстан, e-mail: jeka89_pvl@mail.ru

Косяков Игорь Олегович, докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан, e-mail: heimmdal@mail.ru

Криштафович Милана Расуловна, магистрант, Факультет естественных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: balieva-milana@mail.ru

Майлыбаев Ерсайын Курманбайулы, докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан, e-mail: ersind@mail.ru

Макушев Юрий Петрович, кандидат технических наук, доцент, Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 644050, г. Омск, Российская Федерация, e-mail: makushev321@mail.ru

Марковский Вадим Павлович, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Электроэнергетика», г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: wadim54@mail.ru

Масакбаева Софья Руслановна, кандидат химических наук, ассоц. профессор (доцент), профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: sofochka184@mail.ru

Меирбекова Оксана Даировна, ст. преподаватель, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан, e-mail: Oksana_120183@mail.ru

Мехтиев Али Джаваншарович, кандидат технических наук, ассоц. Профессор (доцент), факультет энергетики, автоматики и телекоммуникации, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: barton.kz@mail.ru,

Мирзакулова Шарафат Абдурахимовна, Ph.D, доцент, кафедра «РЭТ» Университета «Туран», г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: mirzakulova@mail.ru

Моисеева Светлана Петровна, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра «Теории вероятности и математической статистики», Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, 634050, Российская Федерация**,** e-mail smoiseeva@mail.ru

Мусагажинов Мадияр Жалелович, докторант, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: musagazhinov@bk.ru

Мустафин Адильбек Хамзинович, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: mustafin-51@mail.ru

Несмеянова Римма Михайловна, кандидат химических наук, ассоц. профессор (доцент), Факультет естественных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: nesm_r@mail.ru

Новожилов Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор (Казахстан), кафедра «Электроэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар,140008, 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, 644011, Российская Федерация, e-mail: timokvey@mail.ru

Олейник Артём Анатольевич, магистрант, кафедра «Механики и нефтегазового дела», Торайгыров университет, 140008, г. Павлодар, Республика Казахстан, e-mail: artem_oleynik_97@mail.ru

Оришевская Елена Вячеславовна, магистр, ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: eva_pgu@mail.ru

Паюк Любовь Анатольевна, кандидат технических наук, ст. преподаватель, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, 634050, Российская Федерация, e-mail: pla@tpu.ru

Петров Павел Анатольевич, PhD, доцент, кафедра «Энергетики и радиоэлектроники», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан, e-mail: paolo1988@mail.ru,

Пешеходова Елизавета Александровна, магистрант, кафедра «Теплоэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kira-abramova-1997@mail.ru

Приходько Евгений Валентинович, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: john1380@mail.ru

Рахимбердинова Дилара Муратовна, магистр технических наук, докторант PhD, кафедра «Электроэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар,140003, Республика Казахстан, e-mail: Di_lara83@mail.ru

Розаев Иван Андреевич, преподаватель, магистр технических наук, ассистент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, 634050, Российская Федерация, e-mail: veazor@tpu.ru

Рындин Владимир Витальевич, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: rvladvit@yandex.kz

Сайфулин Руслан Фаритович, магистр технических наук, преподаватель, докторант, специальностб «Электроэнергетика», Факультет энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский технический университет,

г. Караганда, 100012, Республика Казахстан, e-mail: azoorjke@gmail.com

Саринова Асия Жумабаевна, кандидат технических наук, ассоц. профессор, кафедра «Электротехника и автоматизация», Торайгыров университет, г. Павлодар,140008, Республика Казахстан, e-mail: assiya_prog@mail.ru

Сатыбалдина Дина Жагыпаровна, кандидат физико-математисечких наук, PhD, доцент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: satybaldina_dzh@enu.kz

Сейтенова Гайни Жумагалиевна, кандидат химических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Сембаев Нурболат Сакенович, кандидат технических наук, ассоц. профессор, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: n.sembaev@mail.ru

Сембин С. Н., магистрант, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: sunkar_1006@mail.ru

Сериков Тансауле Габдыманапович, PhD, доцент, Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: tansaule_s@mail.ru

Смагулов Нуртас Нуржанович, магистр технических наук, преподаватель-ассистент, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: nursmag_93@mail.ru

Султангузин Ильдар Айдарович, доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, 1010000, Российская Федерация, e-mail: SultanguzinIA@mpei.ru

Талипов Олжас Манарбекович, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: talipov1980@mail.ru

Тастенов А. Д., кандидат технических наук, профессор, кафедра «Электротехника и автоматизация», Торайгыров университет, г. Павлодар,140008, Республика Казахстан, e-mail: tastenov@mail.ru

Темирбек Айжан, PhD докторант, Факультет информационных технологии, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: aiku08@ mail.ru

Толымбеков Азамат Магауович, руководитель проектной группы, кандидат технических наук, «Аксуский завод ферросплавов – филиал АО «ТНК «Казхром», Павлодарская обл., Промзона, г. Аксу, 140100, Республика Казахстан, e-mail: lyazat-t@mail.ru

Толымбекова Лязат Байгабыловна, PhD, ассоц. профессор (доцент),

Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: lyazat-t@mail.ru

Тулегенова Эльмира Нурлановна, кандидат эономических наук, Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: etulegenova80@mail.ru

Тюлюгенова Ляззат Балтабаевна, докторант, кафедра «Электроэнергетика», Торайгыровский университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: tlb_tore@list.ru

Умбетов Умирбек, доктор технических наук, профессор, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан 161200, Республика Казахстан, e-mail: uumbetov@mail.ru

Умурзакова Анара Даукеновна, кандидат технических наук, доцент, доктор PhD, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail: granat_72@mail.ru

Умурзакова Сабина, магистрант, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: umurzakovasabina@mail.ru

Уразалимова Дария Сансызбаевна, магистр технических наук, ст. преподаватель, кафедра «Электротехника и автоматизация», Торайгыров университет», г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: dariya_u@mail.ru

Чуприна М. А., преподаватель (ассистент), кафедра «Электротехника и автоматизация», «Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: lyubeckaya.marin@mail.ru

Шапкенов Бауыржан Кайдарович, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Электроэнергетика», г. Павлодар, Республика Казахстан, e-mail: argin_intel@mail.ru

Шерьязов Сакен Койшыбаевич, доктор технических наук, профессор, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, 454080, Российская Федерация, e-mail: sakenu@jandex.ru

Шиныкулова Анель Барлыбековна, докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан, e-mail: Sh.anel14@mail.ru

Югай Вячеслав Викторович, PhD, Факультет энергетики, автоматики и телекоммуникации, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: slawa_v@mail.ru,

Яворовский Юрий Викторович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Промышленные теплоэнергетические системы», Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, 101000, Российская Федерация, e-mail: yavorovskyyv@mpei

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Abdikulova Zagipa Kirgizbaevna, Candidate of Technical Sciences, associate professor, K. A.Yasawi International Kazakh-Turkish university, Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan, e-mail: Azagipa@mail.ru

Abdirashit Assylbek Miramkhanuly, Master of Technical Sciences, teacher, Faculty of Engineering, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan, e-mail: asik_942017@mail.ru

Abdullina Gulnara Gosmanovna, Candidate of Chemical Sciences, associate professor, Faculty of Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulnara_1277_@mail.ru

Abdyldaev Asel Asylbekovna, PhD, Institute of Information and Computational Technologies, CS MES RK, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: abass_81@mail.ru

Ahmedyanova Galiya Kazbekovna, Master of Science, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: galiya_erlan@mail.ru

Ahmetbekova Ardak Mazhitovna, Candidate of Technical Sciences, docent, Mining and Technological Institute, Zhezkazgan Baikonurov University, Zhezkazgan, 100600, Republic of Kazakhstan, e-mail: ardashka_14@mail.ru

Aigozhina Dinara Gabdulgazizovna, Master of Engineering Science, lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: dina7041976@mail.ru

Aitimov M. Zh., PhD, Institute of Engineering and Technology, Korkyt ATA Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: m_j_ai@mail.ru

Akhmetova Irina Gareevna, Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Research, Kazan State Power Engineering University, Kazan, 420000, Russian Federation, e-mail: irina_akhmetova@mail.ru

Akhmetova Saule Okenovna, doctoral student, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: saule_akhmetova_79@mail.ru

Alibek Anarbayev, senior lecturer, Department of Electrical Engineering and Automation, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

Alimgazin Altai Shurumbaevich, Doctor of Technical Science, professor, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: alimgazin_altai@mail.ru

Al'kina Aliya Dauletkhanovna, senior lecturer, Innovation Technology Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda,100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: alika_1308@mail.ru

Askanbay Gaukhar Tileuberdikyzy, Master of tTechnical Sciences, lecturer, Faculty of Automation and Telecommunications, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpaev, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: g.askanbay.kz@yandex.ru

Aytmagambetova Gulmira Askerbekovna, Master of Technical Sciences, senior lecturer, Department of Heat Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: gul_2904@mail.ru

Baimanov Saltanat Serikbaevna, doctorial student, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: 87057685414@mail.ru

Balbaev Gani Kudaibergenovich, PhD, associate professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named Gumarbek Daukeyev, Institute of Space Engineering and Telecommunications, Almaty, 050000-050063, Republic of Kazakhstan, e-mail: gani_b@mail.ru

Bayanov R. M., Master, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: bayanovrasul@gmail.com;

Begian Gldani Nliberty, undergraduate student, Faculty of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: 961205400260@students.tou.edu.kz

Beisenbi Mamyrbek Aukebaevich, professor, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: beisenbi@mail.ru

BekakhmetovAlibekMaratovich, undergraduate student, Faculty of Engineering,Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: alibek_kz_pvl@mail.ru

Bekkozhina Bibigul Kazizovna, doctoral student, 3rd year, specialty «Power Engineering», Faculty of Engineering and Digital Technology, Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan e-mail: bekkozhinab@mail.ru

Bektasova A. A., senior lecturer of the, Department of Electrical Engineering and Automation, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: bektasova_aa@mail.ru

Berguzinov Askhat Nurlanovich, PhD, associate professor, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: askhat_berguzinov@mail.ru

Bimuratkyz. Zh., Master, Institute of Engineering and technology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhanar.bi@mail.ru

Boyandinova Aliya Besembekovna, Projectmanager, »Euroasian Energy Corporation» JSC, Aksu, 140100, Republic of Kazakhstan, e-mail: boyandinova95@mail.ru

Breido Iosif Vulfovich, Doctor of Technical Sciences, professor, Faculty of Energy, Automation and Telecommunications, NJSC «Karaganda Technical University», Karaganda, 100012, Republic of Kazakhstan, e-mail: jbreido@mail.ru

Burumbaeva Galiya Rashidovna, Master of Technical Science, engineer, Pavlodar Petrochemical Plant LLP, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: burumbaeva.galiya@gmail.com

Chuprina M. A., lecturer (assistant), Department of Electrical Engineering and Automation, Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail lyubeckaya.marin@mail.ru

Dauitbayeva Aigul Ospanovna, cCandidate of Technical Sciences, Institute of Engineering and Sechnology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aicos@mail.ru

Demyanenko Aleksandr Valentinovich, Candidate of Technical Sciences, docent, Faculty of Engineering and Digital Technology, Manash Kozybayev North Kazakhstan university, Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan, e-mail: demianenkoav@mail.ru

Dikhanbaev A. B., senior lecturer, Department of Heat Power Engineering, Almaty University of Energy and Communications, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: arystan.d74@gmail.com

Dikhanbaev B. I., Doctor of Technical Sciences, acting associate professor, Department of Thermal Power Engineering, S. Suifullin Kazakh AgroTechnical University named after, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan, e-mail: otrar_kz@mail.ru

Drobinskiy Aleksandr Vasiljevich, Doctor of Technical Sciences, professor (Kazakhstan), professor, Department of Electrical Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: avd1942@rambler.ru

Dyussenov K. M., PhD, docent, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kdyussenov@yandex.ru

Dyussova Rizagul Muslimovna, Master of Technical Science, teacher, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ilchubayeva.r@teachers.tou.edu.kz

Gasimov Shahin Gazanfar oglu, undergraduate student, Department of Mechanics and Oil and Gas Business, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: gasymov_97@mail.ru

Gerasimova Yuliya Viktorovna, candidate of Technical Sciences, Faculty of Engineering and Digital Technology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan, e-mail: julyvic@mail.ru

Glazyrina Natalya Sergeyevna, PhD, Faculty of Information Technology «L. N. Gumilyov Eurasian National University», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: glazirinan@yandex.ru

Ibragimova Gulnar Ermekovna, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulnar070779@mail.ru

Idelbaev Ayzat Zubeneschamali, undergraduate student, Faculty of Engineering, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan, e-mail: idelbayev.aizat@gmail.com

Isaikin Dmitry Doctoral, doctorial student, Kazakh University Ways of Communications, Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan, e-mail: dima87_i@mail.ru

Issabekov Dauren Dzhambulovich, PhD, associate professor, Faculties of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Dauren_pvl2012@mail.ru

Issabekov Zhanat Beisembayevich, PhD, associate professor, Faculty of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Issabekova Bibigul Beisembayevna, PhD, associate professor, Faculty of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Issenov Sultanbek Sansyzbayevich, Candidate of Technical Sciences, associate Professor, Dean of the Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: isenov_sultan@mail.ru

Ivel Viktor Petrovich, doctor of Technical Scientific, Faculty of Engineering and Digital Technology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ivelvic@mail.ru,

Kabikenov Sapar Jomartovich, Candidate of Technical Sciences, docent, Faculty Transport-Road, Karaganda State Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: sapargk@mail.ru

Kabylkaiyr Dauren Nurlanovich, Master of Technical Sciences, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kabylkairov91@mail.ru

Kaidar Argyn Bauyrzhanuly, Master of Energy and Technology, engineer of technological production, Company, «Alstom, EKZ», doctoral student S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: argin_.intel@mail.ru

Kaliaskarov Nurbol Baltabaevich, doctoral student, Faculty of Engineering and Digital Technology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan, e-mail: 90nurbol@mail.ru,

Kaliyev Zhanybek Zhanatuly, PhD, KazATC associate professor, Faculty of Automation and Telecommunications, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpaev, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhanibek.84@mail.ru

Kaliyeva Kazima Zhanbyrbaevna, Candidate of Technical Sciences, KazATC associate professor, Faculty of Automation and Telecommunications, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpaev, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kazima_6507@mail.ru

Karmenova Gulshat Maratovna, undergraduate student, Faculty of Engineering, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan, e-mail: metallurgy20@mail.ru

Kisikova Nurgul Myrzabekovna, Candidate in Physics and Mathematics docent, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University named after, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ksn@mail.ru

Kislov Alexander Petrovich, Candidate of Technical Sciences, docent, professor, Faculty of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kislov.a@teachers.tou.edu.kz

Kolesnikov Evgeny, Master of Technical Sciences, NJSC «Toraigyrov University», Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: jeka89_pvl@mail.ru

Kosyakov Igor, doctoral student, Kazakh University Ways of Communications, Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan, e-mail: heimmdal@mail.ru

Kovtareva Svetlana Yuryevna, senior lecturer, Master of Chemical Technology of Organic Substances, Faculty of Natural Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kovtar_sw@mail.ru

Krishtafovich Milana Rasulovna, undergraduate, Faculty of Natural Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: balieva-milana@mail.ru

Kelamanov Bauyrzhan Satybaldyuly, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Faculty of Engineering, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kelamanov-b@mail.ru

Mailybayev Yersaiyn, doctoral student, Kazakh University Ways of Communications, Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan, e-mail: ersind@mail.ru

Makushev Yuri Petrovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Siberian State Automobile and Road University (SibADI), Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail: makushev321@mail.ru

Massakbayeva Sofya Ruslanovna, Candidate of Chemical Science, professor, associate Professor, Faculty of Natural Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: sofochka184@mail.ru

Markovsky Vadim Pavlovich, Candidate of Technical Sciences, professor Department of Electric Ppower Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: wadim54@mail.ru

Meirbekova Oksana Dairovna, senior lecturer, Khoja Ahmed Yasawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan, e-mail: Oksana_120183@mail.ru

Mekhtiev Ali Dzhavanshirovich, Candidate of Technical Science, associate professor, Faculty of power Engineering, Automation and Telecommunications, Karaganda technical University, Karaganda,100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: barton.kz@mail.ru

Mirzakulova Sharafat Abdurahimovna, PhD, associate professor, Department of «RET», «Turan» University, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: mirzakulova@mail.ru

Moiseeva Svetlana Petrovna, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, Department of «Probability Theory and Mathematical Statistics», National Research Tomsk State University, Tomsk, 634050, Russian Federation, e-mail: smoiseeva@mail.ru

Mustafin Adilbek Hamzinovich, Candidate of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: mustafin-51@mail.ru

Musagazhinov Madiyar Zhalelovich, doctoral student, Energy Faculties, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: musagazhinov@bk.ru

Nesmeyanova Rimma Mikhailovna, Candidate of Chemical Science, professor, associate professor, Faculty of Natural Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: nesm_r@mail.ru

Novozhilov Aleksandr Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Electrical Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: novozhilova_on@mail.ru

Novozhilov Timoffey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of Power Supply of Industrial Enterprises, Omsk State Technical University, Omsk, 644011, Russian Federation, e-mail: timokvey@mail.ru

Oleinik Artyom Anatolyevich, undergraduate student, Department of Mechanics and Oil and Gas Business, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: artem_oleynik_97@mail.ru

Orishevskaya Elena Vyacheslavovna, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Heat Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: eva_pgu@mail.ru

Payuk L. A., Candidate of Engineering Sciences, senior lecturer, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russian Federation, e-mail: pla@tpu.ru

Peshekhodova Elizaveta Alexandrovna, Master student, Department of Heat Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kira-abramova-1997@mail.ru

Petrov Pavel Anatolevich, PhD, Faculty of Engineering and Digital Technology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan, e-mail: paolo1988@mail.ru,

Prikhodko Evgeniy Valentinovich, Candidate of Technical Sciences, professor, Department of Heat Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: john1380@mail.ru

Rakhimberdinova Dilara, Master of Technical Sciences, Toraigyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: Di_lara83@mail.ru

Rozayev I. A., Master of Technical Sciences, Assistant, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russian Federation, e-mail: veazor@tpu.ru

Ryndin Vladimir Vitalievich, Candidate of Technical Sciences, Professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: rvladvit@yandex.kz

Saifulin Ruslan Faritovich, Master of Technical Sciences, lecturer, doctoral student, «Electro energy», Faculty of Energy, Automation and Telecommunications, Karaganda Technical University, Karaganda, 100012, Republic of Kazakhstan, e-mail: azoorjke@gmail.com

Sarinova Asiya Zhumabayevna, Doctor of Technical Sciences, associate Professor, Department of «Electrical Engineering and Automation», Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: assiya_prog@mail.ru

Satybaldina Dina Zhagyparovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, PhD, associate professor, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: satybaldina_dzh@enu.kz

Seitenova Gaini Zhumagalievna, Candidate of Chemical Sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Sembin S. N., Master, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail:sunkar_1006@mail.ru;

Serikov Tansaule Gabdymanapovich, PhD, associate professor, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: tansaule_s@mail.ru

Shapkenov Baurzhan Kaidarovich, Candidate of Technical Sciences, professor, Department of Electric Power Engineering, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: argin_intel@mail.ru

Sheryazov Saken Koishybayevich, Doctor of Technical Sciences, professor, Department «Energy Supply and Automation of technological Processes», South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation, e-mail: sakenu@jandex.ru

Shinykulova Anel Barlybekovna, Doctoral student, Kazakh University Ways of Communications, Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan, e-mail: Sh.anel14@mail.ru

Smagulov Nurtas Nurzhanovich, Master of Technical Sciences, teacher-assistant, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: nursmag_93@mail.ru

Sultanguzin Ildar Aidarovich, Doctor of Technical Sciences, professor, National Research University «MPEI», Moscow, 1010000, Russian Federation, e-mail: SultanguzinIA@mpei.ru

Sembayev Nurbolat Sakenovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: n.sembaev@mail.ru

Talipov Oljas Manarbekovich, PhD, associate professor, Faculties of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: talipov1980@mail.ru

Tastenov A. D., PhD, professor, of the Department of Electrical Engineering and Automation, Toraigyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: tastenov@mail.ru

Temirbek Aizhan, PhD doctoral student, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aiku08@ mail.ru

Tolymbekov Azamat, Candidate of Technical Sciences, project team leader, Industrial Zone, Aksu, avlodar region, 140100, Republic of Kazakhstan, e-mail: lyazat-t@mail.ru

Tolymbekova Lyazat, PhD, associate professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: lyazat-t@mail.ru

Tulegenova Elmira Nurlanovna, Candidate of Economics Sciences , Institute of Engineering and Technology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: etulegenova80@mail.ru

Tyulyugenova Lyazzat Baltabaevna, Doctoral student, Department of «Electric power», Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: tlb_tore@list.ru

Umirbek Umbetov, doctor of Technical Sciences, professor, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan, e-mail: uumbetov@mail.ru

Umurzakova Anara Daukenovna, Candidate of Engineering Sciences, PhD doctor, docent, Innovative University of Eurasia, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: granat_72@mail.ru

Umurzakova Sabina, undergraduate student, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: umurzakovasabina@mail.ru

Urazalimova Daria Sansyzbaevna, Master of Technical Sciences, senior lecturer, Department of «Electrical engineering and automation», Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: dariya_u@mail.ru

Volgina Yekaterina Mikhaylovna, Master of Technical Sciences, PhD candidate, Department of Electrical Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: volgina.em@mail.ru

Voronina N. A., Candidate of Engineering Sciences, docent, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russian Federation, e-mail: voronina@tpu.ru

Yavorovsky Yuri Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, head Department of «Industrial Heat and Power Systems», National Research University «MPEI», Moscow, 101000, Russian Federation, e-mail: yavorovskyyv@mpei.ru

Yerkongyr Assel Kuntugankyzy, Candidate of Technical Sciences, docent, Mining and Technological Institute, Zhezkazgan Baikonurov University, Zhezkazgan, 100600, Republic of Kazakhstan, e-mail: erkonyr.asel@mail.ru

Yesbossynov Kairatbek Tuleuovich, doctoral student, Faculty Transport-Road, Karaganda State Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: kairatbek_6d071300@mail.ru

Yugay Vyacheslav Viktorovich, PhD, Faculty of Power Eengineering, Automation and Telecommunications, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: slawa_v@mail.ru,

Zhakupov Adilbek Mukhamedhasanovich, doctoral student, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: adilbek171188

Zhakupov Amir Erbolatovich, graduate student, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhakupovamir.988@gmail.com

Zhanakhutdinov B. G., Candidate of Technical Sciences, Professor, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan

Zhanalinova Assem Askarkyzy, student, 4th year, specialty «RET» University «Turan», Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhanalinovaassem@gmail.com

Zhantlessova Asemgul Beisembayevna, PhD, senior lecturer, Department «Operation of electrical equipment», S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: acbizh@mail.ru

Zhaparov Ernar Omarovich, Master of Technical Sciences, teacher, K. A. Yasawi International Kazakh-Turkish university Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan, e-mail: ezhapparov@bk.ru

Zharmakin Bolathan, senior lecturer, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Zhetenbayev Nursultan Talgatuly, Doctoral student, Satbayev University, A. Burkitbaev Institute of Industrial, Automation and Digitalization, Almaty, 050000-050063, Republic of Kazakhstan e-mail: nursultan.zhetenbaev@mail.ru

Zhumagazhinov Askar Tokishevich, Master of Technical Sciences, senior lecturer, Innovative University of Eurasia, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhumagazhinov1970@mail.ru

Zhunussov Ablay, Candidate of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Zhunussova Aigul, Master of Engineering and Technology, FFaculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhunusova.aig@mail.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА (ВЕСТНИК «ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА», «КРАЕВЕДЕНИЕ»)

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

***В номер допускается не более одной рукописи от одного автора 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.**

***Оплата за публикацию статьи производится после положительного ответа редакции. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге, включая статьи магистрантов и докторантов в соавторстве с лицами с ученой степенью.**

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);

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.

При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально)

Сроки подачи статьи:

- первый квартал до 10 февраля;

- второй квартал до 10 мая;

- третий квартал до 10 августа;

- четвертый квартал до 10 ноября.

Статью (электронную версию, и квитанции об оплате) следует направлять на электронный адрес: E-mai1: **kereku@tou.edu.kz**

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 KZ57998FTB0000003310 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 04.51.59

DOI xxxxxxxxxxxxxx

С. С. Аубакирова, З. С. Искакова
«Торайғыров университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

ҚАЗІРГІ КЕЗЕҢДЕГІ ӘЛЕМДІК ДІН НЫСАНДАРЫНЫҢ ӘЛЕУМЕТТЕНУІ

Берілген мақалада Қазақстан өзінің көп ұлтты мәдениетімен ғана емес, көптеген этностардың, конфессиялардың бейбіт көршілестігінің тәжірибесімен бірегей әлем елдерінің қатарына жатады. Біздің еліміздің бірегейлігі тәуелсіз Қазақстанның қалыптасу сәтінен бастап, республиканың мемлекеттік ұлттық саясатының тарихи негізі болып табылатын этносаралық, конфессияаралық бейбітшілік пен келісімді қамтамасыз ету мемлекет тарапынан басым назар аударылуы туралы қарастырылған. Мемлекетті одан әрі нығайту, оның қауіпсіздігі, экономиканың тұрақты дамуы және азаматтарымыздың әл-ауқатының артуы үшін Қазақстанға ұзақ мерзімді тұрақтылық, бейбітшілік пен келісім қажет. Бұл, ең алдымен, ел басшылығының этномәдениет пен конфессиялық саясатқа беретін маңыздылығын білдіреді. Бұл кездейсоқ емес, өйткені қазіргі уақытта қазақстандық қоғамның әлеуметтік-экономикалық және саяси тұрақтылығына ықпал ететін факторлардың бірі ұлтаралық, конфессияаралық келісімді сақтау болып табылады. Қазақстан-этникааралық және конфессияаралық катаклизмдерден құтыла алған аз ғана посткеңестік мемлекеттердің бірі болып табылады.

Кілтті сөздер: этнос, этносаясат, дін, ұлттаралық қатынастар.

Кіріспе

Бүгінгі таңда этносаралық және конфессияаралық бейбітшілікті сақтаудың ең күшті факторы еліміздің тұңғыш Президенті Н. Ә. Назарбаевтың салиқалы және дана саясаты болып табылады. Мемлекет басшысы халықтар арасындағы бейбітшілік пен келісім идеясын үнемі қолдап, насихаттайды. Діни эмиссарлар, шовинистік ұйымдар тарапынан қоғамдық-саяси жағдайды тұрақсыздандырудың кез келген әрекеттері, әдетте, құлдырайды. Ел басшылығы өзінің белсенді және шебер іс-әрекеттерімен

республика аумағында тұратын барлық этностық, конфессиялық топтардың экономикалық, саяси және мәдени дамуы үшін тең мүмкіндіктер жасайды. Қазақстандағы қазіргі заманғы ұлттық құрылыс үдерістері біртұтас ұлттық мемлекет құрудан, қандай да бір этностың преференция саясатынан бас тартуды көрсетеді. Конфессиялар мәселесі этникалық тығыз байланысты болғандықтан, «этнос» ұғымын егжей-тегжейлі қарастырайық.

Продолжение текста публикуемого материала

Зерттеудің нысаны: діни нысандардың әлеуметтенуі

Зерттеудің пәні: қазіргі кездегі әлемдік діни нысандар

Мақсаты: Қазақстанда көптеген этностардың, конфессиялардың бейбіт көршілестігінің тәжірибесімен бірегей әлем елдерінің қатарына жатады. Біздің еліміздің бірегейлігі тәуелсіз Қазақстанның қалыптасу сәтінен бастап, республиканың мемлекеттік ұлттық саясатының тарихи негізі болып табылатын этносаралық, конфессияаралық бейбітшілік пен келісімді қамтамасыз ету мемлекет тарапынан басым назар аудару қажет.

Міндеттері:

– мемлекеттік ұйымдардың діни ұйымдар арасындағы байланысын анықтау;

– діни нысандарға шолу жасау.

Зерттеудің әдістері мен нәтижесі

Соңғы уақытта «этнос» термині және одан «этникалық», «этнократия» және т.б. туындылар ғылыми – зерттеу әдебиетінде жиі кездеседі. Батыс әлемінің саяси «негізгі ағым» және саяси истэблишментінде бұл көп уақыт бойы этноконфликтология сияқты пән болған құбылыс бірден мойындалмаған. Ұлттық (этникалық) мәселеге ерекше көзқарас коммунистік идеология жасады. Ол үшін басымдық жеке тұлғаның құқығы емес, таптық қатынастардың саласы және пролетарлық интернационализм саясаты болды. Жалпы алғанда, этностық саясатты этникалық немесе ұлттық белгілері бойынша әлеуметтік топтардың нақты, күтілетін немесе жалған теңсіздігіне байланысты проблемаларды реттеу жөніндегі мақсатты қызмет ретінде анықтауға болады.

Продолжение текста публикуемого материала

Қорытынды

Жоғарыда айтылғандарды түйіндей келе, ислам мен православие – екі ірі әлемдік дін – осы діндердің дәстүрлі сипатымен байланысты конфессияаралық қатынастар жүйесінде ерекше орын алатынын атап өту қажет.

Продолжение текста публикуемого материала

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Кузнецов, А. М.** Этническое и национальное в политическом дискурсе [Текст] // Журнал «Полис. Политические исследования». – М., 2007. –С. 9–23.

2 **Ачкасов, В. А.** Этнополитология [Текст] : учебник для бакалавров / 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 495 с.

3 Наши объятия соотечественникам всегда открыты. Из речи на торжественном заседании Всемирного курылтая казахов. 1 октября 1992 г. [Электронный ресурс]. – http://bibliotekar.kz/istorija-kazahstana-za-9-klass-hrestomat/nashi-objatija-sootechestvennikam-vsegda.html.

4 Международная политическая конференция «Нация, религии – православие и новые европейские реалии» [Текст] // Афины, 17–19 апреля 2005 г. Доклады. – Афины, 2006.

5 О встрече с митрополитом бомбейской иепархии сирийской маланкарской православной церкви. 30.08.13. [Текст] // Документы Международной Ассамблеи Православия. [Электронный ресурс]. – http://www.mid.ru/ru/maps/in/-/asset_publisher/EpJ5G4lcymvb/content/id/98346.

6 В Казахстане действует более 3600 религиозных объединений, представляющих 18 конфессий. 04.08.2017. [Электронный ресурс]. – https://www.zakon.kz/4871654-v-kazahstane-deystvuet-bolee-3600.html

7 **Мұртаза Бұлұтай.** Қазақстандағы дін және мемлекет қатынастары // «Дала мен Қала» газеті. – Алматы, 2005. – 5 б.

8 **Байтенова, Н. Ж.** Қазақстандағы діндер. – Алматы, 2008. – 4 б.

9 **Кенжетаев, Д., Асқаров, Н., Сайлыбаев, Ә., Тұяқбаев, Ө.** Дінтану. – Астана, 2010. – 210 б.

10 Әбсаттар Қажы Дербісәлі. Ислам және заман. – Алматы 2003. –142 б.

References

1 **Kuzneczov, A. M.** E`tnicheskoe i nacional`noe v politicheskom diskurse. [**Kuznetsov, A. M.** Ethnic and National in Political Discourse] [Text] // Journal «Policy. Political Studies». – M., 2007. – P. 9–23.

2 **Achkasov, V. A.** Etnopolitologija [Text] : Uchebnik dlja bakalavrov [**Achkasov, V. A.** Ethnopolitology [Text] : a textbook for bachelors] / 2nd ed., rev. and add. – M. : Yurayt Publishing House, 2014. – 495 p.

3 Nashi ob``yatiya sootechestvennikam vsegda otkry`ty`. Iz rechi na torzhestvennom zasedanii Vsemirnogo kury`ltaya kazaxov. 1 oktıabrıa 1992 g. [Our arms are always open to compatriots. From a speech at the Ceremonial meeting of the World Kuryltai of Kazakhs. October 1, 1992] [Electronic resource].

– http://bibliotekar.kz/istorija-kazahstana-za-9-klass-hrestomat/nashi-objatija-sootechestvennikam-vsegda.html

4 Mezhdunarodnaja politicheskaja konferencija «Nacija, religii – pravoslavie i novye evropejskie realii» [International political conference «Nation, religions – Orthodoxy and new European realities»] / Athens, April 17–19, 2005. Papers. – Athens, 2006.

5 O vstreche s mitropolitom bombejskoj ieparxii sirijskoj malankarskoj pravoslavnoj cerkvi. 30.08.13. Dokumenty Mezhdunarodnoj Assamblei Pravoslavija. [About the meeting with the Metropolitan of the Bombay diocese of the Syrian Malankara Orthodox Church. 30.08.13. Documents of the International Assembly of Orthodoxy.] [Electronic resource]. – http://www.mid.ru/ru/maps/in/ /asset_publisher/ EpJ5G4lcymvb/ content/id/ 98346.

6 V Kazaxstane dejstvuet bolee 3600 religiozny`x ob``edinenij, predstavlyayushhix 18 konfessij. 04.08.2017. [More than 3600 religious associations, representing 18 confessions, operate in Kazakhstan. 04.08.2017.] [Electronic resource]. – https://www.zakon.kz/4871654-v-kazahstane-deystvuet-bolee-3600.html.

7 **Murtaza Bulutaı.** Qazaqstandaǵy din jáne memleket qatynastary. [**Murtaza Bulutai.** Religion and state relations in Kazakhstan] // Newspaper «Dala and the City». – Almaty, 2005.– 5p.

8. **Baıtenova, N. J.** Qazaqstandaǵy dinder. [**Baytenova, N. Zh.** Religions in Kazakhstan.]. – Almaty, 2008. – 4 p.

9 **Kenjetaev, D., Asqarov, N., Saılybaev, Á., Tuıaqbaev, Ó. Dintaný.** – Astana, 2010. – 210 b. [**Kenzhetaev D., Askarov N., Saylybayev A., Tuyakbayev O.** Religious studies. – Astana, 2010. –210 p.]

10 **Ábsattar Qajy Derbisáli.** Islam jáne zaman. [**Absattar Haji Derbisali.** Islam and time.]. – Almaty, 2003. – 142 p.

С. С. Аубакирова, З. С. Искакова

Социализация современных мировых религиозных объектов

Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар.

S. S. Aubakirova, Z. S. Iskakova

Socialization of modern world religious sites

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

В данной статье Казахстан – одна из уникальных стран мира не только с его многонациональной культурой, но и с опытом мирного соседства многих этнических групп и религий. Уникальность нашей страны в том, что с момента образования независимого Казахстана государство уделяет особое внимание обеспечению межнационального, межрелигиозного мира и согласия, что является исторической основой национальной политики республики. Казахстану нужна долгосрочная стабильность, мир и согласие для дальнейшего укрепления государства, его безопасности, устойчивого экономического развития и повышения благосостояния наших граждан. Это означает, прежде всего, важность, которую руководство страны придает этнокультурной и религиозной политике. Это не случайно, ведь одним из факторов, способствующих социально-экономической и политической стабильности казахстанского общества сегодня, является сохранение межнационального, межконфессионального согласия. Казахстан - одно из немногих постсоветских государств, переживших межэтнические и межрелигиозные катаклизмы.

Ключевые слова: этнос, этнополитика, религия, межэтнические отошения.

In this article, Kazakhstan is one of the unique countries in the world, not only with its multinational culture, but also with the experience of peaceful neighborhood of many ethnic groups and religions. The uniqueness of our country is that since the formation of independent Kazakhstan, the state has been paying special attention to ensuring interethnic, interreligious peace and harmony, which is the historical basis of the republic's national policy. Kazakhstan needs long-term stability, peace and harmony to further strengthen the state, its security, sustainable economic development and increase the well-being of our citizens. This means, first of all, the importance that the country's leadership attaches to ethnocultural and religious policy. This is not accidental, because one of the factors contributing to the socio-economic and political stability of Kazakhstani society today is the preservation of interethnic, interfaith harmony. Kazakhstan is one of the few post-Soviet states that survived inter-ethnic and inter-religious cataclysms.

Keywords: ethnos, ethnopolitics, religion, interethnic relations.

Сведения о авторах

Авторлар туралы ақпарат	**Сведения о авторах**	**Information about the authors**
Аубакирова Салтанат Советқызы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, «Торайғыров университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: aubakur@mail.ru тел.: 8700-000-00-00	Аубакирова Салтанат Советовна, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет Гуманитарных и социальных наук, НАО «Торайгыров университет», г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: aubakur@mail.ru тел.: 8700-000-00-00	Aubakirova Saltanat Sovetovna, PhD, Associate Professor, Faculty of Humanities and Social Sciences, NJSC «Toraigyrov University», Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: aubakur@mail.ru tel.: 8700-000-00-00
Искакова Зауреш Сабырбекқызы, гуманитарлық ғылымдар магистрі, оқытушы, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, «Торайғыров университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Қазақстан Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zauresh_iskakova@mail.ru тел.: 8700-000-00-00	Искакова Зауреш Сабырбековна, магистр социальных наук, преподаватель, Факультет Гуманитарных и социальных наук, НАО «Торайгыров университет», г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zauresh_iskakova@mail.ru тел.: 8700-000-00-00	Iskakova Zauresh Sabyrbekovna, Master of Social Sciences, Lecturer, Faculty of Humanities and Social Sciences, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zauresh_iskakova@mail.ru tel.: 8700-000-00-00

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА (ВЕСТНИК «ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА», «КРАЕВЕДЕНИЕ»)

Редакционная коллегия журнала Вестник «Торайгыров университет» серия Филологическая 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 приложить все силы для предотвращения наступления подобных случаев. В случае, если редакционной коллегии станет известно о любых неправомерных действиях в отношении опубликованной статьи в журнале или в случае отрицательного результата экспертизы редколлегий статья отклоняется от публикации.

Редакционная коллегия не должна раскрывать информацию о принятых к опубликованию рукописей третьим лицам, не являющимися 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 11.12.2020 ж. жіберілді. Басуға 17.12.2020 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
3,99 Mb RAM
Шартты баспа табағы 26,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3715

Сдано в набор 11.12.2020 г. Подписано в печать 17.12.2020 г.
Электронное издание
3,99 Mb RAM
Усл. печ. л. 26,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3715

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
8 (7182) 67-36-69
e-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik.tou.edu.kz