Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайгыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы

1997 жылдан бастап шығады

ВЕСТНИК Торайгыров университета

Энергетическая серия

Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (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
KZ19VPY00029272
выдано
Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность
публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных
и информационных систем, электромеханики
и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

https://doi.org/10.48081/AGWL3979

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

© НАО «Торайгыров университет»

МАЗМҰНЫ

Абдикулова З. К., Абдраимов Қ. У.
Кентау ЖЭО жұмысын оптимизациялау 12
Аженов А. Т., Бостанбеков Қ. А.
Клиникалық зерттеулерді басқаруда жасанды интеллект және
клиент-серверлік технологияларды қолдану перспективалары 20
Әкімбек Г. Ә., Бахтияр Б. Т., Муханбетова А. Д.
Энергия үнемдеу және энергетикалық тиімділік саласындағы
инновациялық шешімдер 27
Алиханов Д. М., Цыба Ю. А., Алмуратова Н. К., Кузьмин Ю. А.
Айнымалы токпен жұмыс істеу кезіндегі әмбебап коллекторлы
қозғалтқыштың сипаттамалары 35
Алимгазин А. Ш., Серкпаев М. О., Бергузинов А. Н., Бахтиярова С. Е.
Қазақстан Республикасында баламалы энергия көздерін
қолдану үшін энергияны үнемдейтін технологияларын
пайдалану мүмкіндіктерін талдау 47
Бейсенби М. А., Ахметова С. О., Адилбаев А. А., Дүйсенғали Г. Б.
«Қарлығаштың құйрығы» апаттар классында бір кіріс және
бір шығыс объектілері үшін орнықсыз процесстерді басқару 63
Глазырин С. А., Айдымбаева Ж. А., Достияров А. М.,
Ержанов К. Ш., Бимурзина З. А.
ЖЭО-да қоқыс шығаратын судың таралуы арқылы күкіртті оксидтердің
эмиссиясын азайту 75
Дәуітбаева А. О., Тулегенова Е. Н., Өмір С., Қожан М.
Қауіпсіз желілерді құру тұжырымдамасы 87
Дюсова Р. М., Сейтенова Г. Ж., Онбаев Н. М., Бурумбаева Г. Р.
Математикалық модельдеу әдісімен каталитикалық риформингтін
ресурсының тиімділігін арттыру 95
Исабеков Д. Д., Талипов О. М.
Қуатты трансформаторларың герконда дағы газ қорғаудың құрылысы ...103
Исабеков Ж. Б., Жантілесова А. Б., Жумадилова А. З., Исабекова Б. Б.
Қазақстан Республикасында электр энергетикалық кәсіпорындарындағы
партия госының есептің дигиталық жүйесін құру 110
Исайкин Д. В., Сауанова К. Т.
Қауіпті теміржол учаскелерін бақылаудың интеллектуалды технологиялары
негізінде бейнебақылау камераларын ультра жоғары ажыратымдылықты
суреттерді алу мәселелерін шешу әдістерін талдау 119
Калиев Ж. Ж., Султанбаев У. Н., Ұйқас Ә. Е.
Тиімді фотоэлектрлік станцияны модельдеу 133
Қалиева Қ. Ж., Жабағина З. Қ., Асқанбай Г. Т.
2×25 кВ электр жолдарын электрмен жабдықтау жүйесіндегі токтар
мен кернеулерді симметриялау ерекшеліктері 146

Косяков И. О.
Реттелетін өнімділігі бар жылжымалы кешендегі
бір зоналы кондиционерді автоматтандыру 158
Майлыбаев Е. К., Умбетов У. У.
Теміржол станциясына тексеру жүргізуді ұйымдастыруға арналған
ақпараттық технологиялар 169
Марковский В. П., Утегулов А. Б., Кошкин И. В., Ергали А. С.
Күн фотоэлектрлік элементтерден жылжымалы омартаның
энергия тұтынуын талдау 182
Мендыбаев С. А., Садуакасова Г. Б., Байкенова Н. Б., Анарбаев А. Е.
Ферроқорытпа өндірісін автоматтандыру жүйесінің
орнықтылығын және математикалық моделін зерттеу 192
Мергалимова А. К., Капанова А. У., Сагилова М. К.
ALSTOM GT26 негізіндегі бу мен газ
ЖЭО-ның қос қондырғысын дамыту 201
Моисеева С. П., Бушкова Т. В.
Көп компонентті Пуассон ағынына параллель қызмет көрсету
жүйесіндегі шығыс ағындарды зерттеу 213
Муханбетова А. Д., Бахтияр Б. Т., Әкімбек Г. Ә., Искаков Д. О.
Е-2,5-0,9 ГМ барабанда деңгейді өлшеу жүйесін қолдану
және сорғыларды ауыстыру 227
Мухамедрахимова Г. И., Мухамедрахимов К. У.,
Толегенова А. С., Соболева Л. А.
Қазақстанның жаңа салынып жатқан аудандарының мысалында
GPON желісін құрудың кейбір ерекшеліктері 237
Мустафина Р. М., Сарсикеев Е. Ж., Оразова Г. О.
Қазақстан өңірлерінің 2018 жылдағы электр энергетикалық
қауіпсіздігінің жағдайы 247
Новожилов А. Н., Волгина Е. М., Новожилов Т. А.
Электролиз өндірісінің түзеткіш трансформатор қондырғысы
мен айнымалы ток өткізгіштің қорғаныс құрылғысы 257
Оразбаев Б. Б., Жумадиллаева А. К., Оразбаева К. Н.,
Курмангазиева Л. Т., Утенова Б. Е.
Каталитикалық риформинг қондырғысының өзара байланысқан
технологиялық агрегаттарының математикалық модельдерін құру
әдістемесі 265
Оспанова Н. Н., Шарипов Е. Б.
Электронды кезек жүйесі және интернет арқылы тіркелу 278
Саринова А. Ж.
Дискретті ортогональды түрлендірулерге негізделген гиперспектралды
кескіндерді жоғалтумен сығымдау алгоритмдері 288
Сатыбалдина Д. Ж., Глазырина Н. С., Рсалиев Ж. Ә.
Білім беру орталығының жұмысын басқарудың автоматтандырылған
жүйесін құру 302

Танырбергенова К. И., Мирғалиқызы Т.
Робот-манипулятордың жұмыс аймағының аппроксимациялауда
интервалдық талдау әдістерін қолдану 315
Терещенко Н. А., Мирошник В. Ю., Поляков Д. А., Никитин К. И.
ӘЭЖ аспалы изоляторларын диагностикалауға арналған
резисторлық датчик 327
Турешбаев А. Т., Турлугулова Н. А.
Айнымалы және сәуле шығаратын массалары бар шектелген
үш дене есебінің дербес шешімдері туралы 334
Тюлюгенова Л. Б., Шапкенов Б. Қ.
Қалалық теміржол көлігінің электр жетегінің электромеханикалық
сипаттамаларын салыстырмалы талдау 348
Шерьязов С. К., Исенов С. С., Кайдар А. Б.
Жел энергиясын түрлендіру жүйелерінің жіктелуі 356

Авторлар туралы мәлімет.....366

Авторларға арналған ережелер 393

Жарияланым этикасы.....403

СОДЕРЖАНИЕ

Абдикулова З. К., Абдраимов К. У.
Оптимизация работы Кентауской ТЭЦ 12
Аженов А. Т., Бостанбеков К. А.
Перспективы применения клиент-серверных технологий и искуственного интеллекта в управлении клиническими исследованиями ..20
Әкімбек Г. Ә., Бахтияр Б. Т., Муханбетова А. Д.
Инновационные решения в сфере энергоэффективности и энергосбережения 27
Алиханов Д. М., Цыба Ю. А., Алмуратова Н. К., Кузьмин Ю. А.
Характеристики универсального коллекторного двигателя при работе на переменном токе 35
Алимгазин А. Ш., Серкпаев М. О., Бергузинов А. Н., Бахтиярова С. Е.
Анализ возможностей использования энергосберегающих технологий с применением альтернативных источников энергии в Республике Казахстан 47
Бейсенби М. А., Ахметова С. О., Адилбаев А. А., Дүйсенгали Г. Б.
Управление неустойчивыми процессами в классе катастроф «Ласточкин хвост» для объектов с одним входом и с одним выходом 63
Глазырин С. А., Айдымбаева Ж. А., Достияров А. М., Ержанов К. Ш., Бимурзина З. А.
Проект технического решения по сокращению выбросов диоксида серы в уходящих газах энергетических котлов 75
Даутбаева А. О., Тулегенова Е. Н., Омир С., Кожан М.
Концепция создания защищенных сетей 87
Дюсова Р. М., Сейтенова Г. Ж., Онбаев Н. М., Бурумбаева Г. Р.
Энергосбережение установки каталитического риформинга методом математического моделирования 95
Исабеков Д. Д., Талипов О. М.
Построение газовой защиты силовых трансформаторов на герконах 103
Исабеков Ж. Б., Жантлесова А. Б., Жумадилова А. З., Исабекова Б. Б.
Создание цифровой системы расчета парниковых газов на электроэнергетических предприятиях в Республике Казахстан 110
Исайкин Д. В., Сауанова К. Т.
Анализ методов решения задачи получения сверхвысокого разрешения изображений с камер видеонаблюдения на основе интеллектуальных технологий мониторинга опасных участков железных дорог 119
Калиев Ж. Ж., Султанбаев У. Н., Ұйқас Ә. Е.
Моделирование эффективной фотоэлектрической станции 133
Калиева К. Ж., Джабагина З. К., Асканбай Г. Т.
Особенности симметрирования токов и напряжений в системе электроснабжения электрических дорог 2×25 кВ 146

Косяков И. О.
Автоматизация однозонального кондиционера мобильного комплекса с регулируемой производительностью 158
Майлыбаев Е. К., Умбетов У. У.
Информационные технологии для организации проведения обследования железнодорожной станции 169
Марковский В. П., Утегулов А. Б., Кошкин И. В., Ергали А. С.
Анализ энергопотребления передвижной пасеки от солнечных фотоэлектрических элементов 182
Мендыбаев С. А., Садуакасова Г. Б., Байкенова Н. Б., Анарбаев А. Е.
Исследование устойчивости и математической модель системы автоматизации ферросплавного производства 192
Мергалимова А. К., Капанова А. У., Сагилова М. К.
Разработка дубль-блока парогазовой ТЭС на базе ALSTOM GT26 201
Моисеева С. П., Бушкова Т. В.
Исследование выходящих потоков в системе параллельного обслуживания поликомпонентного пуассоновского потока 213
Муханбетова А. Д., Бахтияр Б. Т., Әкімбек Г. Ә., Искаков Д. О.
Применение системы измерения уровня в барабане Е-2,5-0,9 ГМ и замена насосов 227
Мухамедрахимова Г. И., Мухамедрахимов К. У., Толегенова А. С., Соболева Л. А.
Некоторые особенности построения сети GPON на примере новых формирующихся районах Казахстана 237
Мустафина Р. М., Сарсикеев Е. Ж., Оразова Г. О.
Состояние электроэнергетической безопасности регионов Казахстана в 2018 году 247
Новожилов А. Н., Волгина Е. М., Новожилов Т. А.
Устройство защиты блока «Выпрямительные трансформаторы» электролизного производства и токопровода переменного тока 257
Оразбаев Б. Б., Жумадиллаева А. К., Оразбаева К. Н., Курмангазиева Л. Т., Утенова Б. Е.
Методика разработки математических моделей взаимосвязанных технологических агрегатов установки каталитического риформинга 265
Оспанова Н. Н., Шарипов Е. Б.
Система электронной очереди и регистрации через интернет 278
Саринова А. Ж.
Алгоритмы сжатия с потерями гиперспектральных изображений на основе дискретных ортогональных преобразований 288
Сатыбалдина Д. Ж., Глазырина Н. С., Рсалиев Ж. Ә.
Разработка автоматизированной системы управления работой образовательного центра 302
Танырбергенова К. И., Мирғалиқызы Т.
Использование методов интервального анализа в задаче аппроксимации рабочей области робота-манипулятора 315

Терещенко Н. А., Мирошник В. Ю., Поляков Д. А., Никитин К. И.
Резисторный датчик для диагностики подвесных изоляторов ВЛЭП 327
Турешбаев А. Т., Турлугулова Н. А.
О частных решениях ограниченной задачи
трех тел с переменными и излучающими массами 334
Тюлюгенова Л. Б., Шапкенов Б. К.
Сравнительный анализ электромеханических характеристик
электропривода городского рельсового транспорта 348
Шерьязов С. К., Исенов С. С., Кайдар А. Б.
Классификация систем преобразования энергии ветра 356

Сведения об авторах.....366

Правила для авторов 393

Публикационная этика 403

CONTENT

Abdikulova Z. K., Abdraimov K. U.
Optimization the operation of the Kentau thermal power plant 12
Azhenov A. T., Bostanbekov K. A.
Prospects for the use of client-server technologies and artificial
intelligence in clinical researches management 20
Akimbek G. A., Bakhtiyar B. T., Mukhanbetova A. D.
Innovative solutions in the sphere of energy efficiency and energy saving 27
Alixanov D., Tsyba Y., Flmuratova N., Kuzmin Y.
Characteristics of a universal collector engine when operating on AC 35
Alimgazin A. Sh., Serkpayev M. O., Berguzinov A. N., Bakhtiyarova S. E.
Analysis of the possibilities of using energy-saving technologies with
the application of alternative energy sources in the Republic of Kazakhstan ...47
Beisenbi M. A., Akmetova S. O., Adilbaev A. A., Duisengali G. B.
Control of unstable modes of objects with m inputs and with n outputs
in the dovetail catastrophe class 63
Glazyrin S. A., Aidymbayeva Z. A., Dostiyarov A. M.,
Erzhanov K. S., Bimurzina Z. A.
Reduction of sulfur oxides emissions at TPP by waste water disposal 75
Dauitbayeva A. O., Tulegenova E. N., Omir S., Kozhan M.
Concept of protected networks creation 87
Seitenova G. Zh., Onbayev N. M., Dyussova R. M., Burumbaeva G. R.
Improving the resource efficiency of catalytic reforming
by method of mathematical modeling 95
Issabekov D. D., Talipov O. M.
Construction of gas protection of power transformers on reed switches 103
Issabekov Zh. B., Zhantlessova A. B., Zhumadilova A. Z., Issabekova B. B.
Creation of a digital system of calculation of greenhouse gases
at electric power enterprises in the Republic of Kazakhstan 110
Issaikin D. B., Sauanova K. T.
Analysis of methods for solving the problem of obtaining ultra-high-resolution
images from video surveillance cameras based on intelligent technologies
for monitoring hazardous railway sections 119
Kaliyev Zh. Zh., Sultanbaev U. N., Uikas A. E.
Simulation of an efficient photovoltaic station 133
Kaliyeva K. Zh., Jabagina Z. K., Askanbai G. T.
Features of current and voltage symmetry in electric road power
supply system 2 × 25 kV 146
Kossyakov I. O.
Automation of a single-zone air conditioner in a mobile complex
with adjustable performance 158

Mailybayev Y., Umbetov U.
Information technologies for organization of survey of the railway station 169
Markovskiy V. P., Utegulov A. B., Koshkin I. V., Ergali A. S.
Analysis of energy consumption of a mobile apiary
from solar photovoltaic cells 182
Mendybaev S. A., Saduakasova G. B., Baykenova N. B., Anarbaev A. E.
Research of stability and mathematical model
of the ferroalloy production automation system 192
Mergalimova A. K., Kapanova A. U., Sagilova M. K.
Development of a double unit of a combined-cycle thermal
power plant based on ALSTOM GT26 201
Moiseeva S. P., Bushkova T. V.
Study of outgoing flows in a parallel service system for a multicomponent
Poisson flow 213
Mukhanbetova A. D., Bakhtiyar B. T., Akimbek G. A., Iskakov D. O.
Application of the E-2.5-0.9 GM drum level measurement system
and replacement of pumps 227
Mukhamedrakhimova G. I., Mukhamedrahimov K. U.,
Tolegenova A. S., Soboleva L. A.
Some features of constructing a GPON network
on the example of new forming areas of Kazakhstan 237
Mustafina R. M., Sarsikeyev Ye. Zh., Orazova G. O.
The state of electric power security in the regions of Kazakhstan in 2018 247
Novozhilov A. N., Volgina E. M., Novozhilov T. A.
Unit protection device «Rectifier transformers» electrolysis production
and AC circuits 257
Orazbayev B., Zhumadillayeva A., Orazbayeva K.,
Kurmangaziyeva L., Utenova B.
Methodology for developing mathematical models of interconnected
process units of a catalytic reforming plant 265
Ospanova N. N., Sharipov E. B.
Electronic queue system and online registration 278
Sarinova Zh.
Lossy compression algorithms for hyperspectral images based
on discrete orthogonal transformations 288
Satybaldina D. Zh., Glazyrina N. S., Rsaliyev Zh. A.
Development of the automated system of management of work
of the educational center 302
Tanyrbergenova K. I., Mirgalikyzy T.
Usage of interval analysis methods in task of robot-manipulator workspace
approximation 315
Tereshchenko N. A., Miroshnik V. Yu., Polyakov D. A., Nikitin K. I.
Unit protection device «Rectifier transformers» electrolysis production
and AC circuits 327

Tureshbaev A. T., Turlugulova N. A.
On private solutions of the limited three body problem with variable
and radiating masses 334
Tyulyugenova L. B., Shapkenov B. K.
Comparative analysis of electromechanical characteristics
of the electric drive of urban rail transport 348
Sheryazov S. K., Isenov S. S., Kaidar A. B.
Classification of wind energy conversion systems 356

Information about the authors.....366

Rules for authors 393

Publication ethics.....403

МРНТИ 658.264

https://doi.org/10.48081/PBXZ4519

З. К. Абдикулова[1], К. У. Абдраимов[2]

[1]Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, Республика Казахстан, г. Туркестан

[2]Кентауский многопрофильный колледж, Республика Казахстан, г. Кентау

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КЕНТАУСКОЙ ТЭЦ

В статье рассматриваются пути оптимизации работы Кентауской ТЭЦ за счет изменения водно-химического режима системы подготовки подпиточной воды с целью повышения температуры сетевой воды до 140–145 ^{0}С, предлагается метод коррекционной обработки воды с помощью ингибиторов отложений минеральных солей, приведены экспериментальные исследования и результаты влияния ингибиторов отложений минеральных солей и его композиций на кристаллизацию труднорастворимых соединений.

Обработка воды ингибитором отложений минеральных солей практически не увеличивает ее минерализации, не усиливает ее коррозионно-агрессивные свойства, не оказывает влияния на биологические обрастания или насосные отложения. Механизм стабилизирующего действия заключается в адсорбции комплексона на микрозародышах кристаллизирующейся соли, что препятствует дальнейшему росту кристаллов и образованию отложений и обеспечивает стабильность пересыщенных растворов. Контроль процесса накипеобразования проводился по показателям общей жесткости и щелочности воды.

Ключевые слова: оптимизация, водно-химический режим, коррекционная обработка воды, ингибитор отложений солей, бесфосфорный реагент

Введение

Теплоэнергетика является ведущей отраслью современного индустриально развитого народного хозяйства. Надёжность, экономичность и безопасность теплоэнергетического оборудования и трубопроводов ТЭЦ и подключенных к ним конденсатных и тепловых сетей зависят от состояния водоподготовительных установок и других систем ведения их водно-химического режима [1, 2].

В последнее время отмечена тенденция ухудшения качества исходных вод, обусловленного техногенными причинами и климатическими воздействиями, вторичным использованием производственных вод ТЭС. В этих условиях возможно развитие негативных процессов. К ним относятся микробиологические процессы и коррозия под воздействием продуктов их жизнедеятельности [3, 4]. Микробиологические процессы способствуют ухудшению показателей качества вод, ухудшая технологические показатели и уменьшая срок их службы. Продукты жизнедеятельности железобактерий увеличивают гидравлическое сопротивление трубопроводов, нитрифицирующих бактерий – могут вызвать повреждения экранных труб котлов.

Внутренняя коррозия теплоэнергетического оборудования и трубопроводов еще не может считаться устраненной проблемой. Для борьбы с этой коррозией и микробиологическими процессами, с учетом значительности ущерба от них, актуальны исследования и совершенствование водно-химического режима, увеличение диагностических возможностей существующих систем химического контроля [5].

Материалы и методы

Кентауская ТЭЦ работает по тепловому графику с довыработкой электроэнергии в конденсационном режиме. Тепловая схема выполнена по секционному принципу с поперечными связями по пару и воде. Восполнение потерь в цикле обеспечивается химобессоленной водой. В качестве исходной воды для подпитки котлов используется вода питьевого качества. Отпуск тепла от ТЭЦ осуществляется для зоны теплофикации г.Кентау. Выдача тепла осуществляется по тепломагистрали из двух труб Д = 800 и 1000 мм. Температурный график отпуска тепла – специальный с температурой сетевой воды зимой – 140 ^{0}С [6, 7].

Использование природных вод на ТЭЦ в качестве теплоносителя, особенно при повышенных температурах и давлениях, приводит к выделению на теплонесущих поверхностях или «поверхностях контакта» различных отложений, содержащихся в этой воде, которые могут привести к снижению температуры сетевой воды, увеличению расхода топлива, аварийному или преждевременному останову оборудования и снижению его производительности [8, 9].

Для проведения экспериментов использовалась вода с заведомо ухудшенными характеристиками и подогрев производился до температур 90–100 ^{0}С, которые значительно ниже температур технологического процесса. Контроль процесса накипеобразования проводился по показателям общей жесткости и щелочности. Результаты опытов показали, что наиболее оптимальной является концентрация ингибитора отложений

минеральных солей (ИОМСа) равная 0,5 мг/л. Исследования проводились на экспериментальной установке. Схема установки показана на рисунке 1.

На первой ступени теплообменника происходит нагрев исходной воды от 15 ^{0}С до 120 ^{0}С, на второй ступени – от 120 ^{0}С до 150 ^{0}С. Первая и вторая ступени представляют собой одноходовые кожухо-трубчатые теплообменники типа «труба в трубе». Нагреваемая вода проходит по внутренней трубке, а греющий пар подается в кожух теплообменника. Теплоотдача от пара к стенке трубки происходит за счет пленочной конденсации на ее поверхности [10, 11].

В бак исходной воды дозируется реагент, который тщательно перемешивается при помощи насоса по линии рециркуляции.

Исходная вода с определенным содержанием растворенного в ней реагента подается под давлением при помощи насоса на первую ступень теплообменника, на которой возможность подогрева воды достигает 120 ^{0}С, далее вода поступает во вторую ступень теплообменника, где она нагревается до 150 ^{0}С [12].

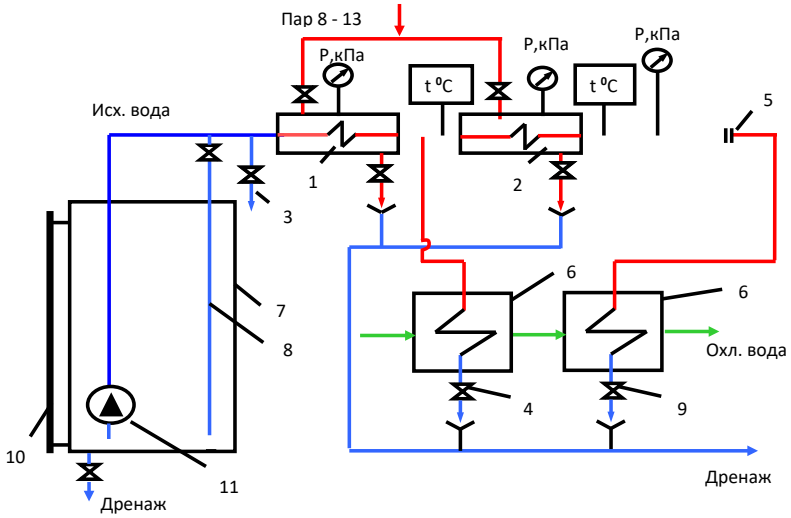


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки
1 – 1-я ступень теплообменника, 2 – 2-я ступень теплообменника,
3 – Пробоотборник исходной воды, 4 – Пробоотборник воды за 1-й ступенью теплообменника, 5 – Счетчик расхода воды,
6 – Пробохолодильник, 7 – Бак исходной воды, 8 – Линия рециркуляции,
9 – Пробоотборник воды за 2-й ступенью теплообменника,
10 – Уровнемерное стекло, 11 – Глубинный насос.

В качестве реагента предлагается новый, более эффективный по сравнению с ранее известными, ингибитор коррозии и накипи Хеламин.

Для контроля тепловых параметров установка оборудована соответствующими контрольно-измерительными приборами.

Результаты и обсуждение

Обработка воды ИОМСом практически не увеличивает ее минерализации, не усиливает ее коррозионно-агрессивные свойства, не оказывает влияния на биологические обрастания или насосные отложения Ввод ИОМСа осуществляется с учетом необходимого расстояния для равномерного распределения концентрационного поля, температура подогрева сетевой воды была повышена до 125 ^{0}С при температуре стенки не выше 140 ^{0}С [14, 15].

Повышение температуры подогрева сетевой воды при исключении накипеобразования возможно за счет изменения состава антинакипина. Базовой частью композиции должен быть ИОМС, а составляющей – бесфосфорный реагент, обладающий не меньшими ингибирующими свойствами, чем ИОМС. Это позволит исключить образование фосфатных отложений даже при повышении температуры сетевой воды и концентрации фосфатов в исходном ИОМСе. В качестве бесфосфорного реагента в составе композиции предлагается использование СК-110, имеющий санитарно-эпидемиологическое разрешение на применение в тепловых сетях города, технологический регламент на технологию применения реагентов в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения и технические условия применения. Реагент СК-110 предназначен для коррекционной обработки воды в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения с целью предупреждения образования накипи на поверхностях нагрева в водогрейных котлах и бойлерах, а также для снижения загрязненности внутренних поверхностей стенок трубопроводов и оборудования в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения [16].

Выводы

Основные параметры водно-химического режима, подлежащие определению – общая жесткость, общая щелочность. Показатели водно-химического режима составляли: остаточная щелочность Щ = 0,7 мг-экв/л, ИОМС = 0,8 ± 0,1 мг/л.

С экономической точки зрения применение реагента Хеламин более целесообразно, т.к. он имеет ряд следующих преимуществ:

1) Хеламин является высокоэффективным ингибитором карбоната кальция.

2) Сокращает реагентное хозяйство.

3) Увеличиваются сроки межпромывочного и межремонтного периодов.

4) Применение Хеламина сокращает затраты на приобретения реагентов.

По сравнению с известными реагентами, которые являются опасными для здоровья человека химикатами, Хеламин относится к малоопасным веществам, что упрощает условия труда и безопасность жизнедеятельности производственного персонала.

Список использованных источников

1 **Буров, В. Д.** Тепловые электрические станции. – 3-е изд. – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 466 с.

2 **Агурейкин, С. С., Кабашев, Р. А.** Теплотехника. – Алматы : КазАДИ им. Л. Б. Гончарова, 2006. – 295 с.

3 **Беляев, С. А., Литвак, В. В.** Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС. – Томск : НТЛ, 2008. – 218 с.

4 **Воронов, В. Н., Пертова, Т. И.** Водно-химические режимы ТЭС И АЭС. – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 240 с.

5 Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. – М. : НЦ ЭНАС, 2012. – 208 с.

6 Водоподготовительное оборудование : информационно-справочный каталог. – Выпуск 1. – Саратов : Сарэнергомаш, 2007.

7 **Amjad, Z.** Science and Technology of Industrial Water Treatment. – IWA Publishing + CRC Press, 2010. – 516 p.

8 Olovsson, I. Wonders of Water : The Hydrogen Bond in Action. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2018. – 140 p.

9 **Шарапов, В. И., Макарова, Е. В.** Влияние переменных режимов на эффективность деаэрации воды // Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – № 4 (32). – С. 9–11.

10 **Шарапов, В. И.** Деаэрации воды в теплогенерирующих установках малой мощности. – 2007. – № 5. – С. 16–24.

11 **Мошкарин, А. В., Малинов, Г. П.** Водно-химический режим теплосети в условиях ее аварийной подпитки // Энергосбережение и водоподготовка. – 2005. – № 4. – С. 29–33.

12 **Поспелов, А. А.** Основы организации эксплуатации и устройства котельных установок неблочных ТЭС. – Иваново : ИГЭУ, 2001.

13 **Виноградов, В. Н., Аван, В. К.** Влияние водорода на водно-химический режим котлов ТЭС // Тезисы докладов V межд. научн.конф. Казань, 2010. – Т. 2. – С. 159–160.

14 **Бадалов, Б. Ш.** Повторное использование стоков химобессоливающих установок при подготовке подпиточной воды теплосети. – Баку : Елм, 2009. – 148 с.

15 **Копылов, А. С., Очков, В. Ф., Чудова, Ю. В.** Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты. – М. : МЭИ, 2009. – 222 с.

16 **Stewart, M., Arnold, K.** Produced Water Treatment Field Manual. – Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, 2011. – 244 p.

References

1 **Burov, V. D.** Teplovy`e e`lektricheskie stancii. [V. D. Thermal power stations]. – 3rd ed. – Moscow : MEI Publishing House, 2009. – 466 p.].

2 **Agureikin, S. S., Kabashev, R. A.** Teplotexnika. [Heat Engineering]. Almaty : L. B. Goncharov KazADI, 2006. – 295 p.

3 **Belyaev, S. A., Litvak, V. V.** Nadezhnost` teploe`nergeticheskogo oborudovaniya TE`S. [Reliability of thermal power equipment of thermal power plants]. – Tomsk : NTL, 2008. – 218 p.

4 **Voronov, V. N., Pertova, T. I.** Vodno-ximicheskie rezhimy` TE`S i AE`S. [Water-chemical regimes of thermal power plants and nuclear power plants]. – M. : MEI Publishing house, 2009. – 240 p.

5 Pravila texnicheskoj e`kspluatacii teplovy`x e`nergoustanovok. [Rules of technical operation of thermal power plants]. Moscow : NC ENAS, 2012. – 208 p.

6 Vodopodgotovitel`noe oborudovanie : informacionno-spravochny`j katalog [Water treatment equipment : information and reference catalog]. – Issue 1. – Saratov : Sarenergomash, 2007.

7 **Amjad, Z.** Science and Technology of Industrial Water Treatment [Science and technology of industrial water treatment]. – IWA Publishing + CRC Press, 2010. – 516 p.

8 **Olovsson, I.** Wonders of Water : The Hydrogen Bond in Action. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2018. – 140 p.

9 **Sharapov, V. I., Makarova, E. V.** Vliyanie peremenny`x rezhimov na e`ffektivnost` deae`racii vody` [Influence of variable modes on the efficiency of water deaeration]. E`nergosberezhenie i vodopodgotovka. [Energy saving and water treatment]. – 2006. – № 4 (32). – P. 9–11.

10 **Sharapov, V. I.** Deae`racii vody` v teplogeneriruyushhix ustanovkax maloj moshhnosti. [Deaeration of water in low-power heat generating installations]. – 2007. – No. 5. – P. 16–24 .

11 **Moshkarin, A. V., Malinov, G. P.** Vodno-ximicheskij rezhim teploseti v usloviyax ee avarijnoj podpitki. [Water-chemical regime of the heating system in

the conditions of its emergency recharge]. E`nergosberezhenie i vodopodgotovka. [Energy saving and water treatment]. – 2005. – No. 4. – P. 29–33.

12 **Pospelov, A. A.** Osnovy` organizacii e`kspluatacii i ustrojstva kotel`ny`x ustanovok neblochny`x TE`S [Fundamentals of the organization of operation and device of boiler installations of non-block thermal power plants]. – Ivanovo : IGEU, 2001.

13 **Vinogradov, V. N., Avan, V. K.** Vliyanie vodoroda na vodno-ximicheskij rezhim kotlov TE`S [Influence of hydrogen on the water-chemical regime of TPP boilers]. Tezisy` dokladov V mezhd. nauchn.konf. In Abstracts of reports on the VIN. scientific. In conf. – Kazan, 2010. – Vol. 2. – P. 159–160.

14 **Badalov, B. Sh.** Povtornoe ispol`zovanie stokov ximobessolivayushhix ustanovok pri podgotovke podpitochnoj vody` teploseti. [Reuse of chemical desalting plant effluents in the preparation of heating system make-up water]. – Baku : Elm, 2009. – 148 p.

15 **Kopylov, A. S., Ochkov, V. F., Chudova, Yu. V.** Processy` i apparaty` peredovy`x texnologij vodopodgotovki i ix programmirovanny`e raschety`. [Processes and devices of advanced water treatment technologies and their programmed calculations]. – Moscow : MEI, 2009. – 222 p.

16 **Stewart, M., Arnold, K.** Produced Water Treatment Field Manual. –Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, 2011. – 244 p.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

З. К. Абдикулова[1], Қ. У. Абдраимов[2]

Кентау ЖЭО жұмысын оптимизациялау

[1]Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті,
Қазақстан Республикасы, Түркістан қ.
[2]Кентау көпсалалы колледж,
Қазақстан Республикасы, Кентау қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

Z. K. Abdikulova[1], U. A. Kanyshbek[2]

Optimization of the Kentau Thermal power plant operation

[1]K. A.Yasawi International Kazakh-Turkish University,
Republic of Kazakhstan, Turkestan.
[2]Kentau Multi-Disciplinary College,
Republic of Kazakhstan, Kentau.
Material received on 30.09.20.

Мақалада желідегі судың температурасын 140–145^{0}С жоғарылату үшін су жүйесінің сулы-химиялық режимін өзгерту арқылы Кентау ЖЭО-ның жұмысын оптимизациялау жолдары қарастырылған, суды ингибиторлардың көмегімен коррекционды өңдеу әдісі ұсынылған, ингибиторлардың қиын еритін заттардың кристалдануына әсер етуі және зерттеу нәтижелері келтірілген.

Суды ингибиторлардың көмегімен өңдегенде, судың минералдық көрсеткішін, коррозиялық қасиетін күшейтпейді, биологиялық қақтардың жиналуына әсер етпейді. Ингибиторлардың әсер ету механизмі реагенттің адсорбциялануына негізделген, ол қақтардың пайда болуын және кристалдардың өсуін болдырмайды. Қақтардың түзілу процесі судың жалпы кермектігі мен сілтілік көрсеткіштері бойынша бақыланды.

Кілтті сөздер: оптимизация, сулы-химиялық режим, коррекционды өңдеу әдісі, тұз шөгінділері ингибиторы, фосфорсыз реагент.

In this article there were considered the ways to optimize the operation of the Kentau Thermal power plant by changing the water-chemical mode of the make-up water preparation system in order to increase the temperature of the network water up to 140–145 °C. A method of corrective water treatment with mineral salt inhibitors is proposed, experimental studies and effects of inhibitors deposits of mineral salts and its compositions for the crystallization of sparingly soluble compounds were given.

Treatment of water with a mineral salt inhibitor practically does not increase its mineralization, does not enhance its corrosive properties, does not affect biological fouling or pumping deposits. The mechanism of the stabilizing effect consists in the adsorption of the complexon on the micro-nuclei of the crystallizing salt, which hinders the further growth of the crystals and the formation of deposits and ensures the stability of supersaturated solutions. The control of scale formation was carried out according to the indicators of general hardness and alkalinity.

Keywords: optimization, water-chemical regime, corrective water treatment, inhibitor of salt deposits, phosphorus-free reagent.

МРНТИ 28.23.29

https://doi.org/10.48081/FTAO7877

А. Т. Аженов, К. А. Бостанбеков
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУСТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ КЛИНИЧЕСКИМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ

В статье изложены перспективы применения специализированных информационных систем, таких как системы управления клиническими исследованиями, системы электронного сбора информации на основе клиент серверных технологий с хранением информации в реляционных базах данных. Данные системы применяются в клинической и научно-исследовательской деятельности в сфере медицины, ветеринарии, химии и фармакологии в области защиты человека и животных от бактериальных, вирусных инфекций.

Ключевые слова: клинические исследования, системы управления клиническими исследованиями, искусственный интеллект.

Введение

Клинические испытания позволяют создавать новые медицинские препараты и совершенствовать уже доступные пациентам способы лечения. Информация относительно результативности и безопасности таких способов лечения, получаемая в ходе клинических испытаний, важна, поскольку позволяет пациентам и их врачам принимать апробированные решения о лечении. Целесообразность метода лечения необходимо оценивать в глобальном масштабе с учетом всех результатов клинических исследований, проводимых по этому виду лечения. Поэтому доступ к информации о клинических испытаниях – это одно из важнейших средств повышения результативности научных исследований. Прозрачность информации о клинических испытаниях важна для обеспечения доверия к результатам клинического исследования.

В процессе могут быть задействованы большое количество организации, которым необходимо непрерывно обмениваться информацией в большом объеме. Важными критериями являются ее защищенность, достоверность и доступность.

Во внедрении информационных систем кроется огромный потенциал повышения эффективности работы участников клинических исследований. К примеру система управления клиническими исследованиями на основе клиент-серверных технологий решает задачи надежного хранения данных с возможностью обращения к ним в любое время с обеспечением безопасности и конфиденциальности для коммуникаций между пациентами и исследователями при проведении клинических исследований. Данная технология обеспечивает: целостность и сохранность данных сокращая время отклика/получения доступа к данным, при этом упрощает контроль, повышает ответственность и качество исследований.

Материалы и методы: Жизненный цикл информационной системы состоит из ряда жестко регламентированных фаз/визитов субъектов исследования согласно протоколу исследования. На многих из этих этапов выполняются лабораторные исследования, составляющую основу всего исследования. На этом этапе требуется сбор и обработка клинических данных. Для их организации используется модуль электронного сбора информации. В результате работы в данном модуле сокращается количество рутинной ручной работы, упрощается процесс делопроизводства, повышается скорость прохождения всех операций с уменьшением числа бумажных документов также возможна минимизация медицинских ошибок с помощью применения алгоритмов проверки точечных данных с валидацией показателей симптомов. Модуль электронного сбора данных позволяет анализировать эффективность работы участников исследования и как результат контролировать ход исследования согласно протоколу, выявлять несвоевременное заполнение, корректировку данных лабораторных анализов. Все это повышает эффективность работы координаторов клинических исследований.

Результаты и обсуждение: Весь объем данных клинического исследования может храниться на съемном носителе и/или на жестком диске, что позволит избежать хранения архива документов завершенных клинических исследований. Это позволит подачу досье в электронном формате, организовать электронный документооборот между регуляторными органами и другими организациями. Хранение данных клинических исследований в реляционных базах данных упростит формирование мета-анализа для сравнения и объединения результатов различных завершившихся независимых исследований. Это позволяет получить более точечную оценку эффективности лечебных препаратов (методов лечения) для определенных групп/типов субъектов (пациентов) исследования со всевозможными аналитическими разрезами, например, эффективность лечения с разрезом на данные из демографических характеристик (пол, возраст), антропометрические измерения пациентов

(рост, вес, артериальное давление и т.д.) с разделением на определенный визит, сезонность и т.д.

Информационные системы необходимы для соблюдения международных стандартов GLP, GMP, 21 CFR Part 11, GaMP [1]. Соблюдение данных требований необходимо для признания результатов лабораторных исследований на международном уровне.

Стандарт GCP (Good clinical practice – Надлежащая клиническая практика) – это процессуальный стандарт, составленное международным конференции по гармонизации технических требований к регистрации лекарственных препаратов для медицинского применения.

В системе управления клиническими исследованиями заложены правила и принципы GCP, что повышает обеспечение надлежащей клинической практики. На основе заложеных алгоритмов: обеспечения валидации данных, этапов проверки и мониторинга данных субъектов исследования (пациентов) мониторами, главными исследователями и координаторами клинических исследований повышается прозрачность исследования. Клинические исследования на основе бумажных носителей повышает риск получения недостоверных данных, потеря бумажных носителей, как результат возможности подделки этих документов в целях скрытия потери данных, возникновения трудностей формирования аналитических отчетов для выявления эффективности на разном этапе исследования.

Правила GCP – знать должны все исследователи, разработчики, мониторы – люди, занимающиеся мониторингом клинических исследований. Человеческий фактор, ошибка персонала плюс отсутствие систем управления клиническими исследованиями могут привести к нарушению прав, снижению безопасности, угрозу благополучия субъектов исследования и возможно к получению ненадежных, недостоверных и даже фальсифицированных данных.

Методология клинических исследований лекарственных препаратов состоит из нескольких фаз. Каждая фаза – это отдельное исследование с разными правилами и принципами, где для каждой фазы требуется отдельный набор и регистрация пациентов, клинических центров. Система управления клиническими исследованиями позволяет ускорить эти процедуры, вести несколько исследований одновременно в одной системе с объединением нескольких исследовательских центров (с их субъектами), выявить субъектов исследования, которые участвуют в нескольких исследованиях одновременно.

Результаты клинического исследования и полученные данные включают в себя все полученные в ходе исследования данные, оценки и итоги статистических анализов. Это: описание исследуемой категории пациентов, исходные данные, нежелательные побочные эффекты.

Перспективы дальнейшего применения данных клинического исследования. Полученные данные с согласия спонсора/координатора клинических исследований могут быть переданы на общее пользование.

Информация обо всех клинических испытаниях над медицинскими препаратами могут быть применены для развития доказательной медицины это позволит работникам здравоохранения в повседневной практике сознательно, эффективно и обдуманно использовать наиболее подходящие актуальные данные.

Применение методов искусственного интеллекта для обработки полученных данных позволит создать автоматизированную систему принятия решении в назначении препаратов лечения с учетом особенностей пациента.

Анализ клинических исследований в США. По данным американской Ассоциации разработчиков и производителей лекарственных препаратов (PhRMA), из 10 тыс. лекарств-кандидатов, взятых американскими фармакологическими компаниями в разработку, на стадию доклинических исследований выходят только 250. Из них на стадию клинических исследований попадают только 5. Только один из кандидатов становится лекарственным препаратом – поступает в широкую медицинскую практику [2].

С 1979 по 2005 года стоимость разработки лекарственного препарата выросла со 100 млн. долларов США до 1,3 млрд. долларов США. Сейчас разработка инновационного препарата занимает в среднем 10–12 лет и стоит 0,8–1,2 млрд. долларов США. Во всем мире в 2009 году было инициировано 17 057 клинических исследований из них около 10 000 только в США [3].

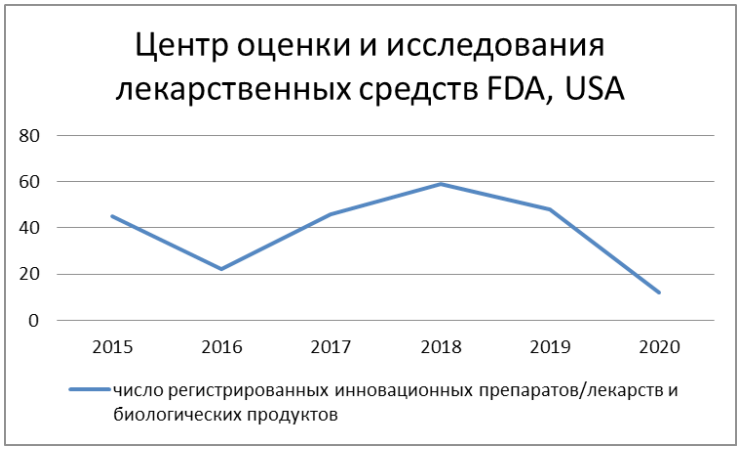


Рисунок 1 – Статистика из сайта Управления по контролю над пищевыми продуктами и лекарственными препаратами (FDA)

Выводы

Анализируя суммарное количество клинических исследований и количество специализированных информационных систем можно сказать что системы для управления клиническими исследованиями востребованы и в связи с развитием алгоритмов искусственного интеллекта есть огромные перспективы в развитии данного направления в медицине, в медицинских учреждениях образования и в качестве системы помощи в доказательной медицине. С развитием вычислительной мощности и интернет технологий, информационные системы совместно с другими областями науки создают новые и усовершенствуют старые решения внеся вклад в развитие науки, техники и общества. Поэтому совокупные и инновационные решения разных областей наук должно работать и во благо медицины.

Список использованных источников

1 **Бубнова, М. Г., Бутина, Е. К., Выгодин, В. А.** Качественная клиническая практика с основами доказательной медицины : Учебное пособие. – М. : Силицея-Полиграф, 2011. – 139 с.

2 Клинические исследования. Значение для практического здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pharm.reviews/stati/master-klassy/item/1643-klinicheskie-issledovaniya-znachenie-dlya-prakticheskogo-zdravookhraneniya

3 Клинические исследования лекарств : Ученые объяснили, для чего они нужны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tengrinews.kz/science/klinicheskie-issledovaniya-lekarstv-uchenyie-obyyasnili-360303.

4 Сайт Управления по контролю над пищевыми продуктами и лекарственными препаратами США (FDA) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fda.gov/drugs/new-drugs-fda-cders-new-molecular-entities-and-new-therapeutic-biological-products/novel-drug-approvals-2015.

References

1 **Bubnova, M. G., Butina, E. K., Vygodin, V. A.** Kachestvennaia klinicheskaia praktıka s osnovami dokazatelnoi meditsiny : Ýchebnoe posobıe. [Quality clinical practice with evidence-based medicine : Tutorial] [Text]. – Moscow : «Sılıtseıa-Polıgraf». 2011. – P. 139.

2 Klınıcheskıe ıssledovanııa. Znachenıe dlıa praktıcheskogo zdravoohranenııa. [Clinical researches. Implications for practical health care] [Electronic resource]. – https://pharm.reviews/stati/master-klassy/item/1643-klinicheskie-issledovaniya-znachenie-dlya-prakticheskogo-zdravookhraneniya.

3 Klınıcheskıe ıssledovanııa lekarstv : Ýchenye obıasnılı, dlıa chego onı nýjny [Drug Clinical Research : Scientists Explain What They Are For] [Electronic resource]. – https://tengrinews.kz/science/klinicheskie-issledovaniya-lekarstv-uchenyie-obyyasnili-360303.

4 US Food and Drug Administration (FDA) website [Electronic resource]. – https://www.fda.gov/drugs/new-drugs-fda-cders-new-molecular-entities-and-new-therapeutic-biological-products/novel-drug-approvals-2015.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

А. Т. Аженов, Қ. А. Бостанбеков

Клиникалық зерттеулерді басқаруда жасанды интеллект және клиент-серверлік технологияларды қолдану перспективалары

ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

Материал 30.09.20 баспаға түсті.

A. T. Azhenov, K. A. Bostanbekov

Prospects for the use of client-server technologies and artificial intelligence in clinical researches management

Al-Farabi Kazakh National University,
Republic of Kazakhstan, Almaty
Material received on 30.09.20.

Мақалада клиникалық зерттеулерде реляциялық мәліметтер базасында сақталатын, клиент-серверлік технологияға негізделген электронды мәлімет жинау және клиникалық зерттеулерді басқару жүйелерін қолданудың перспективалары сипатталған. Аталған жүйелер медицина, ветеринария, химия және фармакология саласында адамдар мен жан-жануарларды бактериялды, вирусты инфекциядан қорғауда клиникалық және ғылыми-зерттеу жұмыстарын ұйымдастыруда қолданылады.

Кілтті сөздер: клиникалық зерттеулер, клиникалық зерттеулерді басқару жүйелері, жасанды интеллект.

This article outlines the prospects for the use of specialized information systems, such as clinical research management systems, electronic data collection systems based on client-server technologies with information storage in relational databases in clinical studies. These systems are used in clinical and research activities in the field of medicine, veterinary medicine, chemistry and pharmacology in the field of protecting humans and animals from bacterial and viral infections.

Keywords: clinical research, clinical research management systems, artificial intelligence.

ҒТАМР 44.09.00

https://doi.org/10.48081/MXII5067

Г. Ә. Әкімбек, Б. Т. Бахтияр, А. Д. Муханбетова
Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУ ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІК САЛАСЫНДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШІМДЕР

Бұл берілген мақалада жалпылай алғанда энергоресурстарды тиімді пайдалану, яғни энергетикалық тиімділік пен энергия үнемдеу мәселелері қарастырылып, жобаның мақсаты ретінде энергия тиімділік және де энергия үнемдеу саласындағы инновациялық ұйымдастырушылық, технологиялық және техникалық өзірлемелерін анықтау және қолдау, оның жүзеге асырылуы орын алады. Энергетикалық тиімділік және энергетикалық қауіпсіздікті арттыру мақсатында энерго саясатты дамытудың бірқатар инновациялық шешімдері және нысаны ретінде негізгі бағыттары көрсетіліп, сонымен қатар, бағдарламаның міндеті ретінде энергия өндірудегі жаңғыртылатын энергия көздері, яғни күн, жел, биомасса, геотермальды энергия арқылы энерготиімділікті арттыру негізге алынып, олардың әрқайсысының бағыттары осы жұмысты жүргізудегі негізгі және қажетті шешім немесе тәсіл ретінде қарастырылып келтірілген.

Кілтті сөздер: энергия үнемдеу, инновациялық шешімдер, энергетикалық тиімділік, энергетикалық параметрлер.

Кіріспе

Энергия ресурстарын үнемдеу XXI ғасырдың маңызды міндеттерінің бірі болып табылады, өйткені жылу және электр энергиясын тұтыну – адамның өмір сүруі мен тұрмыстық жағдайына қажетті болып табылады. Бәсекеге қабілеттілікті, қаржылық тұрақтылықты арттыру, мемлекет экономикасының энергетикалық және экологиялық жағдайы, сондай-ақ халықтың өмір сүру деңгейі мен сапасының өсуі энергия үнемдеу әлеуетін және энергетикалық жаңғыртуды, технологиялық дамуды іске асырусыз мүмкін емес.

Энергия үнемдеу және энергетикалық тиімділікті арттыру болашақтың негізгі көздерінің бірі ретінде қарастыру керек болып табылатын экономикалық өсу. Алайда осы уақытқа дейін бұл дерек көзі тек аз дәрежеде іске қосылған болды.

Энергетикалық тиімділік – бұл энергетикалық ресурстарды тиімді пайдалану, яғни, ғимараттарға немесе өндіріс процестеріне электр энергиясын жеткізудің бірдей деңгейін қамтамасыз ету үшін энергияны аз пайдалану, оның энергия үнемдеуден айырмашылығы – энергияны тұтынуды азайтуға бағытталған, пайдалы энергия шығыны болып табылады. Халық үшін бұл коммуналдық шығындардың айтарлықтай төмендеуі, ел үшін ресурстарды үнемдеу, өнеркәсіптік өнімділікті арттыру және бәсекеге қабілеттілігін арттыру, қоршаған ортаға – атмосфераға парниктік газдар шығарындыларын шектеу, энергетикалық компаниялар үшін – отын шығынын азайту және құрылысқа жұмсалатын шығындарды азайту болып табылады. Энергияны сақтайтын және энергияны үнемдейтін қондырғыларды атап айтқанда, адам бөлмеде болған және ол болмаған кезде осы ағынды тоқтатқан кезде, жылу, желдету және электр энергиясын беру жүйелері жатады. Соңғы онжылдықта атмосфераның антропогендік ластануы жаһандық сипатқа ие болды. Атмосфералық ластану көздері жылуэнергетика, өнеркәсіп, мұнай және газ өңдеу, көлік, ауыл шаруашылығы болып табылады. Осы көздердің әрқайсысы, әрбір өндіріс саласы белгілі заттар шығарындыларымен байланысты. Заманауи энергетика – экономиканың барлық салаларымен тығыз байланысты үлкен дамыған өнеркәсіп. Энергияны өндіретін кәсіпорындар, әр түрлі энергия тұтынушылары, сондай-ақ табиғи ресурстарды энергияға шығаратын және өңдейтін кәсіпорындар отын-энергетикалық кешенге біріктірілген, оның нәтижесі биосфераға теріс әсер етеді. Энергияның биосфераға әсер етуі энергия өндірісінің барлық кезеңдерінде көрініс табады: энергияны өндіру, беру және тұтыну кезінде ресурстарды алу және тасымалдау.

Негізгі бөлім

ЖЭС жылу электр станцияларының қоршаған ортаға әсері пайдаланылған отынға байланысты. Қатты отынды жағу кезінде атмосфераны күл, жанбайтын отын бөлшектері, күкірт пен күкірт ангидридтері, азот оксидтері, фтор қосылыстары ластайды. Күл құрамында түрлі улы қосылыстар – мышьяк, кремний диоксиді, кальций оксиді және басқалары бар. Сұйық отынды пайдалану (мазут) өндіріс қалдықтарынан тек күлді қоспайды. Сонымен қатар, үлкен аумақтарды алып жатқан және станция айналасындағы атмосфераның тұрақты ластану көзі болып табылатын күл үйінділері мәселесі жоғалады. Табиғи газды жағу кезінде азот оксидтері айтарлықтай ластаушы болып табылады, бірақ орташа алғанда олар қатты отынды жағудан 20 %

төмен. Бұл отынның қасиеттеріне ғана емес, оның жану ерекшеліктеріне де байланысты. Осылайша, газды пайдалану жағдайында ЖЭС зиянды әсерінен қоршаған ортаға келтірілетін зиян басқа отын түрлерімен салыстырғанда аз болады.

Сурет 1 – Әр түрлі салалардың жалпы атмосфералық ластануына үлесі (парниктік газдар шығарындыларын есепке алмағанда), %

Энергия тиімділік және энергетикалық қауіпсіздікті арттыру мақсатында энергетикалық саясатты дамытудың инновациялық шешімі ретінде мынадай негізгі бағыттары анықталу қажет:

• экономиканың барлық секторларында энергия қарқындылығын төмендету;

• оларды тұтыну құрылымындағы тапшы емес энергия ресурстарының үлесін ұлғайту;

• энергиямен жабдықтаудың дәстүрлі және балама әдістеріне жаңа тиімді энергия технологияларын әзірлеу;

• мұнайдың әлемдік бағасын бақылау.

Энергия үнемдеуді қажет ететін негізгі фактор – қазба отын қорының төмендеуі. Бұл проблеманы шешу энергияны үнемдейтін технологияларды, атом энергетикасын, альтернативті энергия көздерін, әсіресе, күн, жел және геотермалдық энергияны, биомасса, шағын және ірі гидроэнергияны және мұхит энергиясын қоса алғанда, жаңартылатын энергия көздерін пайдалануға негізделген қатаң үнемдеу саясатын талап етеді. Қазіргі уақытта жаңартылатын энергия көздерінің әлеуеті жылына 20 млрд тонна стандартты отынға бағаланады, бұл жыл сайын қазба отынының өндірісінен 2 есе жоғары. Осыған орай, энергоүнемдеу және энергетикалық тиімділіктің инновациялық шешімі ретінде дәл осы жолды нысан ретінде аламыз.

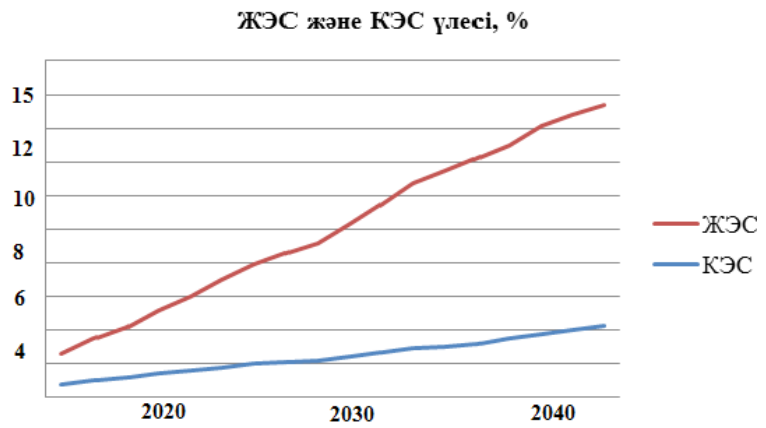
Бүгінгі күні әлемдегі энергетикалық баланста ЭЖК-нің жиынтық үлесі әлі де аз. Халықаралық энергетикалық ұйымға сәйкес әлемдік тұтынудағы

жаңартылатын энергия көздерінің үлесі 13,5 %-дан аспайды.Алдымен геотермалдық, күн, жел, биомасса сияқты дәстүрлі ЭЖК-ны дамыту перспективасын қарастырайық.

Геотермалдық энергия – жер бетіндегі ауа температурасынан асатын температурасы бар жердің терең қабаттарының физикалық жылуы. Жердің тереңдігінен тұрақты жылу ағымы пайда болады, оның қарқындылығы шамамен 0,03 Вт/м^2 құрайды. Қазіргі уақытта геотермалды электр станцияларының шоғырландырылған қуаты 10,5 ГВт, ал геотермалдық жылу қуаты 21 ГВт құрайды. Сарапшылардың болжауынша, белгілі гидротермалдық кен орындарының жалпы қуаты 2030 жылы 60 ГВт немесе әлемдік энергетикалық теңгерімнің 4 % құрайды. Әлемдегі геотермалдық энергия үлесінің өсуін талдау 2040 жылға дейін динамикасының энергетикалық балансы, геотермалдық энергиясын пайдалану үнемі 2010–2020 жылдарға 8 %-ға дейін төмендейді деп көрсететін деректерді алды.

Күн энергиясы бірқатар елдерде өте қарқынды дамып келеді, мысалы Америка Құрама Штаттарында жалпы қуаты 354 МВт жеті күн электр станциясы жұмыс істейді.

Күн энергиясы үлесінің 2040 жылға дейінгі динамикасында әлемдік энергетикалық теңгерімдегі үлестің артуын талдау нәтижелері бойынша 2040 жылға қарай жылу энергиясының үлесі 5 %, күн электр энергиясының үлесі тиісінше 14 % құрайды (2 суретте көрсетілген).



Сурет 2 – Жылу энергиясының үлесі мен күн электр энергиясының үлесі

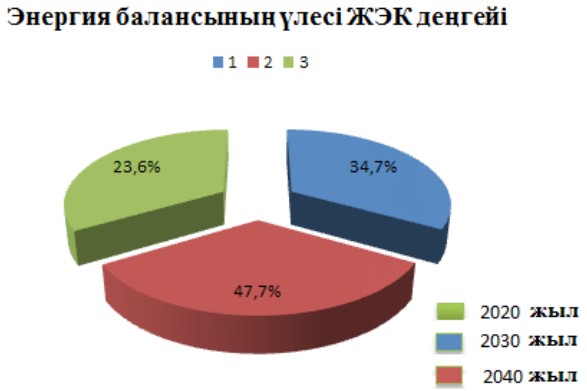
Осы зерттеудің шеңберінде биомассаны ЭЖК ретінде қолдануды аса назар аудару қажет. Биомасса – бұл жеткілікті кең концепция, ол ағаш өңдеу өнеркәсібінің қалдықтарын, ауыл шаруашылық қалдықтары, қатты

тұрмыстық қалдықтар, сұйық ағындар және түрлі өнеркәсіптік органикалық қалдықтарды қамтиды. Ормандар – биомасса концентрациясының негізгі көзі болып табылады. Бірақ соңғы жылдары әлемдегі ең үлкен қызығушылық сұйық биоотынды өндіруге, әсіресе этанолға беріледі. Биоэтанолдың (этанолдың өсімдіктерден алынатын) негізгі артықшылығы – парниктік газдар мен шығатын заттардың құрамдас бөлігі, жоғары октанды саны және, әрине, оның құрамдас бөліктерінің жаңартылуы. Этанол өндірісі үшін негізгі шикізат – басқа дақылдарды пайдалануды жоққа шығармайтын қант және жүгері. Этанолдың ең ірі өндірушісі – Бразилия. РЭЖ осы түрін өндіру энергияның жалпы қажеттілігінің 13 %-ын және сұйықтық сұранысының 19 %-ын қамтамасыз етеді. Этанол өндіру бойынша екінші ел – АҚШ. Өнеркәсіптің даму жоспарларына сәйкес, алдағы бірнеше жылда этанол өндірісінің деңгейін 3 есе арттыру, этанол тұтыну деңгейі 2015 жылға қарай 19 млн.м^3 құрайды, осылайша орташа жылдық өсім 134,699 млн. Литр болды.

Биомассадан электр энергиясын өндіру 2012 жылы 45,7 ТВ15, яғни жаңартылатын энергия көздері өндіретін барлық энергияның 12 %-ы болып табылады.

Бұдан басқа, көптеген елдердің заңнамалары, жаңартылатын энергия көздерін дамытуға арналған әртүрлі бағдарламалардың қатысушылары энергияның жиынтық үлесіндегі ЖЭҚ-ның нысаналы индикаторларын тікелей белгілейді.

Әрине, мұндай саясат елеулі оң нәтижелерге әкеледі және жақын болашақта ЖЭК тиімділігін арттырады. Мамандардың болжамдарына сәйкес, энергия балансының үлесіндегі жаңартылатын энергия көздері деңгейі келесі диаграммада көрсетілген (3 сурет).



Сурет 3 – Энергия балансының үлесіндегі жаңартылатын энергия көздері деңгейі

Қорытынды

Сонымен, энергия тиімділікті арттыру және энергияны тұтынуды төмендету үшін кәсіпорындарда үнемі энергетикалық тексерулер жүргізу және қоршаған ортаға пайдаланылатын энергия мен эмиссияларды статистикалық есепке алуды ұйымдастыру қажет. Кәсіпорынның бірыңғай экологиялық паспортын әзірлеуге көшу жөн болар еді, онда қоршаған ортаның мониторингісі негізгі энергетикалық параметрлерді бақылайды. Осыған орай, басты энергия түрлерін тек станция арқылы емес, дәстүрлі энергия көздері арқылы алып, энергоүнемдеу және де энергетикалық тиімділікке қол жеткізе аламыз. Берілген нысанға жету үшін ең басты тапсырма– ол мемлекеттегі ЖЭК дамуын қолға алып, оның шартты жүргізілуіне қажетті мәселелерді талқыға алу болып табылады.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Аверченков, А. А., Горкина, И. Д., Коныгин, Е. А., Максименко, Ю. Л.** Опыт РПОИ в использовании оценки воздействия на окружающую среду при подготовке инвестиционных проектов. ЦПРП. // Информационный бюллетень № 6. – М., 1998.

2 **Будзуляк, Б. В., Бордюгов, А. Г.** Сценарий эмиссии парниковых газов в газовой промышленности // Экология в газовой промышленности. Прилож. к журналу «Газовая промышленность», 1999.

3 **Ануфриев, В. П., Чазов, А. В.** Энергоэффективность и проблема изменения климата. Учебный курс для студентов энергетических специальностей технических высших учебных заведений. – М. : 2006. – 193 с.

4 **Гарипов, В. З.** Основные экологические проблемы в нефтегазовом комплексе на современном этапе развития и стратегические пути их решения // Энергетическая политика, 2000, вып.

References

1 **Averchenkov, A. A., Gorkina, I. D., Konygin, E. A., Maksimenko, Yu. L.** Opy`t RPOI v ispol`zovanii ocenki vozdejstviya na okruzhayushhuyu sredu pri podgotovke investicionny`x proektov. CzPRP. № 6. [Experience in the use of environmental impact assessment in the preparation of investment projects. TSPRP]. In Newsletter Informacionny`j byulleten` No. 6. – Moscow : 1998.

2 **Budzulyak, B. V., Bordyugov, A. G.** Scenarij e`missii parnikovy`x gazov v gazovoj promy`shlennosti. In E`kologiya v gazovoj promy`shlennosti. Prilozh. k zhurnalu «Gazovaya promy`shlennost`» [Scenario of greenhouse gas emissions

in the gas industry] [Ecology in the gas industry. Suppl. to the magazine «Gas Industry»]. – 1999.

3 **Anufriev, V. P., Chazov, A. V.** E`nergoe`ffektivnost` i problema izmeneniya klimata. Uchebny`j kurs dlya studentov e`nergeticheskix special`nostej texnicheskix vy`sshix uchebny`x zavedenij [Energy efficiency and climate change. Training course for students of energy specialties of technical higher educational institutions]. – Moscow : 2006, 193 c.

4 **Garipov, V. Z.** Osnovny`e e`kologicheskie problemy` v neftegazovom komplekse na sovremennom e`tape razvitiya i strategicheskie puti ix resheniya [Main environmental problems in the oil and gas complex at the current stage of development and strategic ways to solve them] In E`nergeticheskaya politika, [Energy policy]. – 2000. vol.

Материал 30.09.20 баспаға түсті.

Г. Ә. Әкімбек, Б. Т. Бахтияр, А. Д. Муханбетова

Инновационные решения в сфере энергоэффективности и энергосбережения

Алматинский университет
энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева,
Республика Казахстан, г. Алматы
Материал поступил в редакцию 30.09.20.

G. A. Akimbek, B. T. Bakhtiyar, A. D. Mukhanbetova

Innovative solutions in the sphere of energy efficiency and energy saving

Almaty University of Power Engineering and
Telecommunications named after Gumarbek Daukeev,
Republic of Kazakhstan, Almaty
Material received on 30.09.20.

В данной статье рассматривается энергоэффективность и энергосбережение в целом, а цель проекта – выявление и поддержка инновационных, организационных, технологических и технических разработок в области энергоэффективности и энергоэффективности. В целях повышения энергоэффективности и энергетической безопасности, энергетической политики как формы целого ряда инновационных решений и развития приоритетных направлений программы, а также с целью производства энергии, теплоснабжения, систем отопления, электрических систем, электроснабжения, а также бюджета и местных органов власти

в области энергоэффективности и каждая из этих областей рассматривается как важное и необходимое решение или подход к этой работе.

Ключевые слова: энергосбережение, инновационные решения, энергетическая эффективность, энергетические параметры.

This article considers energy efficiency and energy saving in general, and the project's goal is to identify and support innovative, organizational, technological and technical developments in the field of energy efficiency and energy saving. In order to improve energy efficiency and energy security, energy policy as a form of a whole range of innovative solutions and development of priority areas of the program, as well as for the production of energy, heating, heating systems, electrical systems, electricity, as well as the budget and local authorities in the field of energy efficiency and each of these areas is seen as an important and necessary decision or approach to this work.

Keywords: energy saving, innovative solutions, energy efficiency, energy parameters.

МРНТИ 45.29.31

https://doi.org/10.48081/JTYK6551

Д. М. Алиханов[1], Ю. А. Цыба[2], Н. К. Алмуратова[3], Ю. А. Кузьмин[4]

[1]Казахский национальный аграрный университет,
Республика Казахстан, г. Алматы
[2,3,4]Алматинский университет энергетики и связи
имени Гумарбека Даукеева,
Республика Казахстан, г. Алматы

ХАРАКТЕРИСТИКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

В статье приводится математическое описание универсального коллекторного двигателя при его работе на переменном токе, в котором учтено наличие нелинейностей в скоростной, механической и рабочих характеристиках. Данная математическая модель позволяет обеспечить точность разработки энергосберегающих способов управления двигателем, используемого в массовом электроприводе малой мощности.

В устройствах автоматики и различных электробытовых приборах широко применяются универсальные коллекторные двигатели (УКД) мощностью от нескольких ватт до нескольких сотен ватт, которые могут работать как от источника постоянного тока, так и однофазного тока.

Универсальные коллекторные двигатели (УКД), в принципе, представляют собой двигатели последовательного возбуждения, работающие от сети как переменного, так и постоянного тока при одинаковой скорости вращения якоря в режиме полной нагрузки. Они развивают большой вращающий момент, имеют ограниченные габаритные размеры и массу вследствие их быстроходности. От машин постоянного тока они отличаются только тем, что магнитная система коллекторных двигателей выполняется полностью шихтованной, а катушки обмотки возбуждения состоят из двух секций и имеют промежуточные выводы. Специфическими требованиями характеризуются и электроприводы ручных ударных

электроинструментов, оборудованных УКД. Они находят широкое применение во всех отраслях народного хозяйства. Это обусловило такие их преимущества, как удобство в эксплуатации, возможности работы в производственных и бытовых условиях, портативность и маневренность, высокий коэффициент полезного действия.

Ключевые слова: универсальный коллекторный двигатель, секционирование обмотки, управление, электромагнитный момент.

Введение

При работе УКД на переменном токе имеется ряд специфических особенностей таких как наличие нелинейностей и непредсказуемой нагрузки на его валу, что делает данный двигатель сложным объектом для управления и для математического описания. При этом математический аппарат дает лишь общее представление о механической и скоростной характеристиках двигателя поскольку магнитная система машины насыщена и кривая намагничивания весьма далека от прямой. Для практических расчетов используются обобщенные универсальные характеристикии $\overline{\omega} = f_1(\overline{I})$ и $M = \Psi(\overline{I})$, которые не обеспечивают необходимых пределов точности для разработки энергосберегающих способов управления двигателем с учетом нелинейностей его скоростной и механической характеристик, оптимизации динамического КПД путем синтеза структуры и алгоритмов управления. В этом аспекте разработка математической модели и энергосберегающее управление УКД, используемого в массовом электроприводе малой мощности, является актуальной научной и практической задачей.

Объект исследования: универсальный коллекторный двигатель.

Предмет исследования: математическая модель универсального коллекторного двигателя.

Цель: разработать энергосберегающие способы управления универсальным коллекторным двигателем, по снижению потерь за счет эффективного управления в динамических режимах с оптимизацией динамического КПД путем синтеза структуры и алгоритмов управления.

Задачи: Построить систему уравнений позволяющую более точно учесть нелинейность скоростной, механической и рабочих характеристик УКД при разработке энергосберегающих способов управления универсальным коллекторным двигателем по снижению потерь за счет эффективного управления в динамических режимах с оптимизацией динамического КПД путем синтеза структуры и алгоритмов управления.

Методы и результаты исследования

Универсальный коллекторный двигатель (УКД) устроен принципиально так же, как и двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением.

Он отличается от машины постоянного тока только тем, что магнитная система выполняется полностью шихтованной так как в массивных частях магнитной цепи машины постоянного тока при питании ее переменным током возникнут большие тепловые потери, а обмотка возбуждения для переменного тока будет обладать большим индуктивным сопротивлением. Поэтому катушки обмотки возбуждения состоят из двух секций и имеют промежуточные выводы, а симметрирование обмотки возбуждения с обеих сторон якоря позволяет уменьшить радиопомехи, создаваемые двигателем (рисунок 1).

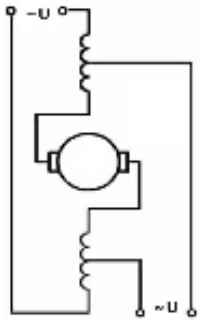


Рисунок 1 – Схема включения универсального коллекторного двигателя

Секционирование обмотки возбуждения делается потому, что в этом режиме из-за падения напряжения в индуктивном сопротивлении двигателя номинальная скорость вращения оказывается меньшей, чем при работе на постоянном токе. Для выравнивания этих скоростей при работе на постоянном токе в цепь якоря включаются все витки обмотки возбуждения, а при работе на переменном токе – только часть их, вследствие чего соответственно уменьшается магнитный поток машины.

Рассмотрим электромагнитный момент при работе УКД на переменном токе. В данном режиме ток якоряіаи магнитный поток Ф изменяются по синусоидальному закону:

$$i_a = I_{ma} \sin \omega t = \sqrt{2} I_a \sin \omega t; \quad (1)$$

$$\Phi = \Phi_m \sin(\omega t - \gamma), \quad (2)$$

где γ – угол, возникающий из-за потерь в стали.

Мгновенное значение электромагнитного момента определяется выражением

$$M = c_м \Phi_m \sin(\omega t - \gamma) I_{ma} \sin \omega t = \frac{\sqrt{2} c_м}{2} \Phi_m I_a \cos\gamma - \frac{\sqrt{2} c_м}{2} \Phi_m I_a \cos(2\omega t + \gamma). \quad (3)$$

Графики изменения тока i_a, магнитного потока Ф и электромагнитного потока показаны на рисунке 2.

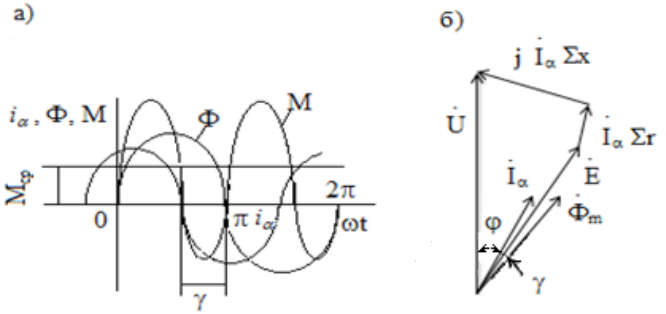


Рисунок 2 – График изменения электромагнитного момента универсального коллекторного двигателя (а) и его векторная диаграмма (б) при работе на переменном токе

Очевидно, что момент двигателя можно представить в виде двух составляющих: постоянной

$$M_{пост} = \frac{\sqrt{2} c_м}{2} \Phi_m I_a \cos\gamma \quad (4)$$

и переменной, которая изменяется с двойной частотой,

$$M_{пер} = \frac{\sqrt{2} c_м}{2} \Phi_m I_a \cos(2\omega t + \gamma). \quad (5)$$

Несмотря на то, что электромагнитный момент двигателя является переменным, а в отдельные промежутки времени даже тормозным, якорь двигателя вращается с равномерной скоростью, так как он имеет сравнительно большой момент инерции. Среднее значение момента будет равно:

$$M_{ср} = M_{пост} = \frac{\sqrt{2} c_м}{2} \Phi_m I_a \cos\gamma = c'_м \Phi_m I_a. \quad (6)$$

Характеристики двигателя при работе на переменном токе. Векторная диаграмма однофазного коллекторного двигателя строится на основании уравнения

$$\dot{U} + \dot{E} = \dot{I}_a \Sigma r + j\dot{I}_a \Sigma x, \quad (7)$$

где Σr и Σx сумма активных и реактивных сопротивлений в цепи обмотки якоря.

Э.д.с., индуктируемая в обмотке якоря,

$$E = c'_e \Phi_m n. \quad (8)$$

Из формул (7) и (8) можно получить зависимость скорости вращения от тока якоря:

$$n = \frac{E}{c'_e \Phi_m} = \left| \frac{\dot{U} - \dot{I}_a \Sigma r - j\dot{I}_a \Sigma x}{c'_e \dot{\Phi}_m} \right|. \quad (9)$$

На основании (6) и (9) строятся зависимости $n = f(I_a)$, $M = f(I_a)$ и $n = f(M)$.

Так как способ возбуждения машины при работе на постоянном и переменном токе остается неизменным, а формулы (6) и (9) имеют такую же структуру, как и формулы (10) и (11) при работе двигателя на постоянном токе:

$$n = \frac{E}{c_e \Phi} = \frac{U - I_a \Sigma r}{c_e \Phi}; \quad (10)$$

$$M = c_м \Phi I_a, \quad (11)$$

то механические характеристики двигателя при работе в двух указанных режимах будут приблизительно одинаковыми. Однако, при переменном токе в числителе (9) появляется дополнительный член $j\dot{I}_a \sum x$ сдвигающий механическую характеристику двигателя в область более низких частот вращения (кривая 2 на рисунке 3, а).

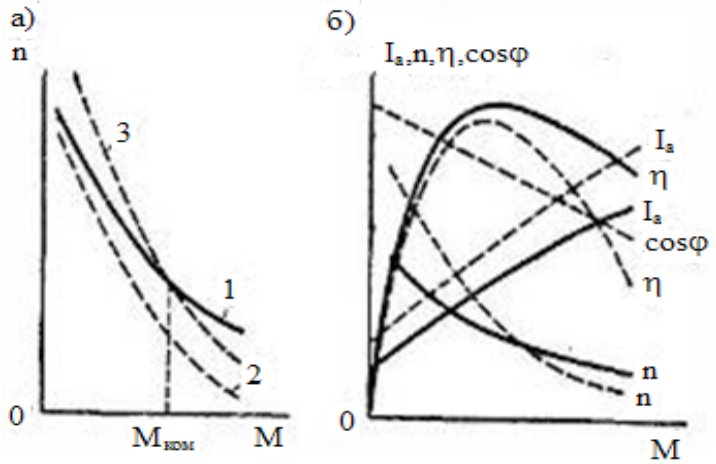


Рисунок 3 – Механические (а) и рабочие (б) характеристики универсального коллекторного двигателя

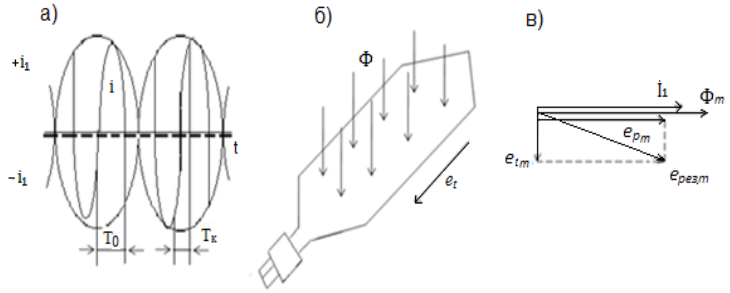
Для того чтобы приблизить ее к механической характеристике, имеющей место при работе на постоянном токе (кривая 1), часть витков обмотки возбуждения при переходе на питание переменным током отключают, т.е. уменьшают магнитный поток машины. При этом обеспечивается одинаковая номинальная частота вращения двигателя в обоих режимах работы (кривая 3). В связи с уменьшением магнитного потока двигателя при переменном токе его магнитная система оказывается менее насыщенной, чем при постоянном токе. Поэтому при работе в рассматриваемом режиме зависимость $M = f(I_a)$ приближается к параболической; $n = f(I_a)$ – к гиперболической в большем диапазоне изменения тока, чем при постоянном токе, а механическая характеристика становится более мягкой.

Рабочие характеристики двигателя (рисунок 3 б) при его работе на постоянном (сплошные линии) и переменном (пунктирные линии) токе имеют приблизительно одинаковую форму. При переменном токе ток якоря больше, чем при постоянном токе, из-за появления реактивной составляющей и увеличения активной составляющей вследствие возрастания потерь в стали. По этим же причинам к. п. д. двигателя при переменном токе меньше, чем при постоянном. Величина двигателя уменьшается с увеличением нагрузки, так как при этом растет реактивное падение напряжения $j\dot{I}_a\sum x$, которое во много раз больше $\dot{I}_a\sum r$.

Регулирование скорости вращения при работе на переменном токе осуществляется так же, как и на постоянном: путем включения в цепь якоря

добавочного сопротивления, изменения питающего переменного напряжения и тока возбуждения (шунтированием обмотки возбуждения).

При работе УКД на переменном токе в коммутируемой секции кроме, реактивной э.д.с. e_p индуктируется еще трансформаторная э.д.с. e_t, так как эта секция пронизывается переменным магнитным потоком. Реактивная э.д.с. возникает так же, как и в машине постоянного тока, в результате изменения тока i_a в коммутируемой секции при переходе ее из одной параллельной ветви в другую. Однако в данном случае токи $+i_a$ и $-i_a$ в каждой параллельной ветви (рисунок4, а) не остаются постоянными, а изменяются по синусоидальному закону $i_a = i_{am} sin\omega t = \frac{\sqrt{2}I_a}{2a} sin\,\omega t.$



а – изменение тока в коммутируемой секции; б – индуктирование трансформаторной э.д.с.; в – векторная диаграмма э.д.с. ер и etв коммутируемой секции.

Рисунок 4 – Возникновение реактивной и трансформаторной э.д.с. в универсальном коллекторном двигателе

Следовательно, реактивная э.д.с. e_p, пропорциональная производной $\frac{di}{dt}$, будет зависеть от величины тока i_a в момент коммутации, т.е. в разные моменты времени она будет различной.

Если пренебречь периодом коммутации $T_к$ по сравнению с временем T_0 между двумя последовательными коммутациями, то можно считать, что

$$\frac{di}{dt} = \frac{2i_a}{T_k} = \frac{\sqrt{2}I_a}{aT_k} sin\omega t, \qquad (12)$$

а реактивная э.д.с

$$e_p = -L_{рез}\frac{\sqrt{2}I_a}{aT_k} L_{рез} sin\omega t = e_{pm} sin\omega t, \qquad (13)$$

где $e_{pm} = \frac{\sqrt{2}I_a}{aT_k} L_{\text{рез}}$ – максимальное значение реактивной э.д.с, которое имеет место при максимальном токе якоря.

Таким образом, реактивная э.д.с. совпадает по фазе с током якоря. Она пропорциональна скорости вращения (период коммутации $\mathrm{T_к}$ обратно пропорционален *n*) и току якоря I_a, так же как в машинах постоянного тока.

Трансформаторная э.д.с. индуктируется в коммутируемой секции переменным магнитным потоком машины (рисунок 4, б). Так как магнитный поток изменяется по закону $\Phi = \Phi_m sin\omega t$, то при установке щеток на геометрической нейтрали

$$e_t = 2\pi f w_c \Phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right), \tag{14}$$

где w_c – число витков в секции.

Следовательно, если не учитывать незначительную величину угла γ, то она будет сдвинута относительно реактивной э.д.с. на 90° (рисунок 4, *в*). Результирующая э.д.с. в коммутируемой секции будет изменяться по синусоидальному закону и в некоторые моменты времени будет иметь максимальное значение

$$e_{\text{рез.}m} = \sqrt{e_{pm}^2 + e_{tm}^2}. \tag{15}$$

Дополнительные полюса обеспечивают компенсацию $e_{\text{р}}$, а e_t, остается нескомпенсированной и создает добавочный ток, замыкающийся через щетки. Это ухудшает коммутацию машины и может вызвать опасное искрение и значительные радиопомехи. Особенно неблагоприятные условия возникают при пуске двигателя, когда e_t, достигает большой величины из-за увеличенных значений пускового тока и потока возбуждения. По этой причине коллекторные машины переменного тока средней и большой мощностей не получили широкого применения. В универсальных коллекторных двигателях малой мощности e_t, невелика и практически не ограничивает его нагрузку, как это имеет место в более мощных машинах.

Проведенный математический анализ позволяет получить обобщённую математическую модель УКД, при его работе на переменном токе, которую можно представить следующим образом:

$$\begin{cases}
i_{\text{а}} = I_{m\text{а}} \sin\omega t = \sqrt{2}\mathrm{I_а} \sin\omega t; \\
\Phi = \Phi_m \sin(\omega t - \gamma); \\
\mathrm{M} = \mathrm{c_м}\Phi_m \sin(\omega t - \gamma)\mathrm{I_{ma}} \sin\omega t = \frac{\sqrt{2}c_{\text{м}}}{2}\Phi_m I_a \cos\gamma - \frac{\sqrt{2}c_{\text{м}}}{2}\Phi_m I_a \cos(2\omega t + \gamma); \\
\mathrm{M_{пост}} = \frac{\sqrt{2}c_{\text{м}}}{2}\Phi_m \mathrm{I}_a \cos\gamma; \\
\mathrm{M_{пер}} = \frac{\sqrt{2}c_{\text{м}}}{2}\Phi_m I_a \cos(2\omega t + \gamma); \\
\mathrm{M_{ср}} = \mathrm{M_{пост}} = \frac{\sqrt{2}c_{\text{м}}}{2}\Phi_m I_a cos\gamma = c'_{\text{м}}\Phi_m I_a; \\
n = \frac{E}{c'_e\Phi_m} = \left|\frac{\dot{U} - \dot{I}_a\Sigma r - j\dot{I}_a\Sigma x}{c'_e\dot{\Phi}_m}\right|; \\
\frac{di}{dt} = \frac{2i_a}{T_k} = \frac{\sqrt{2}I_a}{aT_k} sin\omega t; \\
e_p = -L_{\text{рез}}\frac{\sqrt{2}I_a}{aT_k} L_{\text{рез}} \sin\omega t = e_{pm} \sin\omega t; \\
e_t = 2\pi f w_c \Phi_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}); \\
e_{\text{рез.}m} = \sqrt{e_{pm}^2 + e_{tm}^2}.
\end{cases} \tag{16}$$

Выводы

Данная система уравнений позволяет более точно учесть нелинейность скоростной, механической и рабочих характеристик УКД при разработке энергосберегающих способов управления двигателем по снижению потерь за счет эффективного управления в динамических режимах с оптимизацией динамического КПД путем синтеза структуры и алгоритмов управления.

Список использованных источников

1 **Мин Ту Аунг, Суздорф, В. И.** Энергосберегающее управление двигателем последовательного возбуждения // 4-й международный форум молодых ученых и аспирантов. – Томск : ТПУ. – 10.10.2016.

2 **Усольцев, А. А.** Электрический привод : Учебное пособие. – СПб. : НИУ ИТМО, 2012. – 238 с.

3 **Гарман-Галкин, С. Г.** Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПБ. : КОРОНА – Век, 2008.

References

1 **Min Tu Aung, Suzdorf, V. I.** E'nergosberegauchee upravlenye dvigatelem posledovatel'nogo vozbuzhdenya. 4 mezhdunarodny forum molodix uchenih i aspirantov. [Energy-saving control of a sequential excitation motor] In 4th international forum of young scientists and graduate students. – Tomsk : TPU. – 10.10.2016.

2 **Usoltcev, A. A.** Electrichesky privod : Uchebnoe posobye. [Electric drive : Study guide]. – St. Petersburg : NIU ITMO, 2012. – 238 p.

3 **Garman-Galkin, S. G.** Matlab & Simulink. Proektyrovanye mexatronnih sistem na PK [Designing mechatronic systems on a PC]. – St. Petersburg : KORONA – Century, 2008.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Д. М. Алиханов[1], Ю. А. Цыба[2], Н. К. Алмуратова[3], Ю. А. Кузьмин[4]

Айнымалы токпен жұмыс істеу кезіндегі әмбебап коллекторлы қозғалтқыштың сипаттамалары

[1]Қазақ ұлттық аграрлық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;
[2,3,4]Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

D. Alixanov[1], Y. Tsyba[2], N. Almuratova[3], Y. Kuzmin[4]

Characteristics of a universal collector engine when operating on AC

[1]Kazakh National Agrarian University,
Republic of Kazakhstan, Almaty;
[2,3,4]Almaty University
of Power Engineering and Telecommunications,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 30.09.20.

Мақалада айнымалы токта жұмыс істейтін әмбебап коллекторлы қозғалтқыштың механикалық және жұмыстық сипаттамаларында жылдамдықтың сызықсыздығының болмауын ескеретіе математикалық сипаттамасы берілген. Бұл математикалық модель бізге аз қуатты көп қолданыс табатын электр жетегінде қолданылатын энергия үнемдейтін қозғалтқышты басқару әдістерінің дәлдігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Автоматтандыру құрылғыларында және әртүрлі электр құрылғыларында тұрақты ток көзінен де, бір фазалы токтан да жұмыс істей алатын бірнеше ваттдан бірнеше жүз ваттға дейінгі күші бар әмбебап коллекторлы қозғалтқыштар (ӘКҚ) кеңінен қолданылады.

Әмбебап коллекторлы қозғалтқыштар (ӘКҚ), негізінен, толық жүктеме режимінде бір арматураның айналу жылдамдығында айнымалы және тұрақты ток желілерінен жұмыс істейтін дәйекті қоздыру қозғалтқыштары. Олар жоғары айналу моментін дамытады, үлкен жылдамдықтың арқасында өлшемдері мен салмағы шектеулі. Олардың тұрақты ток машиналарынан айырмашылығы тек коллекторлы қозғалтқыштардың магниттік жүйесі толығымен ламинатталған, ал өріс орамасының катушкалары екі бөлімнен тұрады және аралық сымдарға ие. ӘКҚ-мен жабдықталған қолмен соғылатын электр құралдарының электр жетектері де нақты талаптармен сипатталады. Олар халық шаруашылығының барлық салаларында кеңінен қолданылады. Бұл олардың пайдаланудың қарапайымдылығы, өндірістік және тұрмыстық жағдайларда жұмыс қабілеттілігі, портативтілік пен маневрлік, жоғары тиімділік сияқты артықшылықтарына әкелді.

Кілтті сөздер: универсалды коллекторлы қозғалтқыш, секциялы орама, басқару, электр магнитті момент.

The article provides a mathematical description of a universal commutator motor when it is running on alternating current, which takes into account the presence of nonlinearities in speed, mechanical and operating characteristics. This mathematical model allows us to ensure the accuracy of the development of energy-saving engine control methods used in a low-power mass drive.

In automation devices and various electrical household appliances, universal collector motors (UCM) with a power from several watts to several hundred watts are widely used, which can operate both from a direct current source and a single-phase current.

Universal collector motors (UCM), in principle, are sequential excitation motors operating from both AC and DC mains at the same armature rotation speed in full load mode. They develop high torque, have limited dimensions and weight due to their high speed. They differ from DC machines only in that the magnetic system of the collector motors is completely laminated, and the field winding coils consist of two sections and have intermediate leads. Electric drives of hand-held percussion power tools equipped with UCM are also characterized by specific requirements. They are widely used in all sectors of the national economy. This led to their advantages such as ease of use, the ability to work in industrial and domestic conditions, portability and maneuverability, high efficiency.

Keywords: universal collector motor, winding sectioning, control, electromagnetic torque.

МРНТИ 44.31.35; 44.31.41

https://doi.org/10.48081/MFLV9847

А. Ш. Алимгазин[1], М. О. Серкпаев[2], А. Н. Бергузинов[3], С. Е. Бахтиярова[4]

[1,4]Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Нур-Султан;
[2]Академия военных наук Республики Казахстан, Республика Казахстан, г. Нур-Султан;
[3]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

В статье рассмотрены вопросы перспектив применения автономного интеллектуального энергообеспечивающего комплекса (АИЭК) двойного назначения с использованием альтернативных источников энергии для обеспечения надежности работы систем тепло- и хладоснабжения удаленных объектов Министерства обороны, Пограничной службы, Министерства по ЧС Республики Казахстан. Предложена к внедрению на вышеуказанных объектах конкретная технология применения АИЭК с интеллектуальной системой управления и использованием в качестве низкопотенциального источника теплоты различных ВИЭ.

Ключевые слова: энергосбережение, альтернативные и возобновляемые источники энергии, теплоснабжение, автономный интеллектуальный энергообеспечивающий комплекс.

Введение

В последние годы в Республике Казахстан на государственном уровне уделяется большое внимание вопросам разработки и внедрения новых энергосберегающих и энергоэффективных технологий с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (далее – НВИЭ) [1–4].

Существенный импульс этому направлению дало проведение в 2017 году в Республике Казахстан Международной специализированной выставки

«EXPO-2017», на которой были широко представлены новейшие разработки ведущих стран мира в области применения НВИЭ, в том числе и ученых Республики Казахстан [5–7].

Для изучения передового опыта использования альтернативных источников энергии согласно решения Министра обороны Республики Казахстан № КМ-7072 от 05.07.2017 г. создана научно-исследовательская группа Международной специализированной выставки EXPO-2017, которая провела свою работу в период поведения выставки с 8 по 11 августа 2017 г.

В отчете по итогам проведенного военно-научного исследования [8] отмечена установка «зеленое отопление» для энергообеспечения различных объектов (РГП «Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева»).

Определены перспективы ее применения в интересах Вооруженных Сил Республики Казахстан – при проектировании систем отопления и вентиляции новых зданий Главного управления расквартирования войск (ГУРВ).

В настоящее время на многих удаленных объектах Министерства обороны, Пограничной службы КНБ, Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан (пограничные заставы, посты технического наблюдения войсковых частей и др.) остро стоит проблема обеспечения тепловой и электрической энергией, т.к. эти объекты расположены на значительном удалении от населенных пунктов, где имеется развитая инфраструктура.

Как известно, основную часть потребляемых войсками топливно-энергетических ресурсов составляет дорогостоящее органическое топливо (мазут, печное и дизельное топливо, уголь), при этом серьезной является проблема доставки основных видов топлива, особенно в осенне-зимний периоды. Оно остается основным источником энергии и на ближайшее будущее.

Для многих удаленных объектов вышеуказанных оборонных ведомств актуальными являются вопросы их энергообеспечения, т.к. часто эти объекты расположены на существенном удалении от населенных пунктов, где имеется системы центрального тепло– и электроснабжения.

Материалы и методы

Отечественными военными учеными [9–12] рассмотрены вопросы применения автономных гибридных энергетических комплексов малой мощности (до 30 кВт) в совокупности с дублирующими автономными источниками электроэнергии, в частности – дизельными генераторами.

Однако, практически не исследованы вопросы применения энергоэффективных технологий на базе НВИЭ для решения *вопросов тепло-и хладоснабжения удаленных военных объектов.*

Обеспечению надежным теплоснабжением таких удаленных объектов военной инфраструктуры, вопросам бесперебойной доставки основных видов топлива (мазут, печное и дизельное топливо, уголь) перед отопительным периодом уделяется большое внимание в силовых ведомствах, в частности в совместной работе военных ученых и ученых ЕНУ им. Л. Н. Гумилева [13].

Одним из перспективных путей решения этой проблемы теплоснабжения удаленных объектов является, на наш взгляд, применение новых энергосберегающих экологически чистых технологий альтернативной энергетики, использующих низкотемпературные ВИЭ (теплота наружнего воздуха, теплота грунтов, грунтовых и артезианских вод, теплота вентиляционных выбросов, теплота сточных вод).

Учеными НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии» (далее – «ЭиЭТ») ЕНУ им. Л. Н. Гумилева в течение ряда последних лет разработаны научно-практические основы применения «зеленых» технологий на базе тепловых преобразователей с НВИЭ для энергообеспечения различных объектов в промышленности, бюджетной сфере, ЖКХ, агропромышленном секторе, малом и среднем бизнесе [15–22].

В 2016–2017 годах предлагаемая уникальная «зеленая» технология, запатентованная как в России, так и в Республике Казахстан, и готовая к внедрению [6], пройдя многоступенчатый отбор в Министерстве энергетики, Министерстве образования и науки Республики Казахстан, в числе 25 лучших научных проектов ученых страны представлена в Национальном павильоне «Нур Алем» Международной выставки EXPO-2017 [5–7].

Внедрение предлагаемой энергосберегающей технологии «зеленое отопление» обеспечит как охлаждение оборудования зданий, так и теплоснаб-жение (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение (далее – ГВС) близлежа-щих зданий, нагрев воды для технических нужд зданий (ГВС).

Данная технология тепло– и хладоснабжения жилых, общественных и производственных зданий на представляет собой современную энергоэффективную технологию, основанную на использовании низкопотенцильных (с температурой +5 + 45 ^{0}С) НВИЭ: теплота грунтов, грунтовых и подземных вод, теплота близлежащих естественных водоемов, воздуха, теплота вытяжного воздуха систем вентиляции, кондиционирования зданий, сбросная теплота промышленных стоков предприятий (очистных сооружений крупных городов и населенных пунктов, стоков банно-прачечных комбинатов, сбросная теплота холодильных и насосных перекачивающих станций и т.п.), сбросная теплота технологических процессов предприятий и т.д. [5–7, 13, 15–22].

В результате проведения в 2015–2020 г.г. учеными Университета ряда госбюджетных и хоздоговорных научно-исследовательских работ для внедрения в на объектах социальной сферы, ЖКХ, промышленных предприятиях, сельских населенных пунктах и т.д. разработан и предлагается для применения на удаленных объектах инфраструктуры воинских частей конкретный результат, образец нового изделия – автономный интеллектуальный энергообеспечивающий комплекс (АИЭК) двойного назначения с использованием альтернативных источников энергии, одним из основных компонентов которого является блочно-модульная тепло-преобразовательная установка (БМТУ) [6, 13].

АИЭК представляют собой металлические утепленные контейнеры различных размеров с установленным оборудованием (тепловые преобразователи малой и средней тепловой мощности, шкафы силовые и коммуникационные, средства автоматики, блок интеллектуальной системы управления, солнечные панели, аккумуляторы и т.д.) (Рис.1).

а) б) в)

Рисунок 1 – Общий вид АИЭК различной тепловой мощности
а) малой мощности (до 100 кВт) б, в) средней мощности (до 400 кВт)

АИЭК предназначен для работы в качестве источника тепла (холода) для систем тепло-хладоснабжения, кондиционирования и горячего водоснабжения (далее – ГВС) различных объектов, при котором источник тепла и обслуживаемые им потребители находятся в пределах одного здания, его части или нескольких близко расположенных зданий.

Создание и практическое применение *интеллектуальных систем управления (ИСУ)* в современных энергосберегающих технологиях и оборудовании, к которым относится и АИЭК, является одной из приоритетных задач тепло-энергетики, решаемых в настоящее время как казахстанскими, так и зарубежными учеными [13, 14].

К другим практическим достоинствам предлагаемого АИЭК является возможность использования утилизируемой теплоты вентиляционных выбросов объектов, применив современные системы рекуперации тепла.

Данное решение обеспечит максимальную (до 90 %) рекуперацию сбросной теплоты утилизируемого воздуха из помещений, будет полностью интегрировано в общую систему управления зданий, замкнутый контур, автоматизацию.

Основной конструктивный элемент АИЭК –*тепловой преобразователь различной мощности* (далее – ТП) – это компактная, экономичная и экологически чистая система, позволяющая получать тепло для отопления и ГВС за счет аккумулирования тепла от различных низкопотенциальных источников и переноса его к теплоносителю с более высокой температурой (см. Рис.2)

Рисунок 2 – Общий вид теплового преобразователя малой мощности (серии ТП) тепловой мощностью до 10 кВт и его внутреннее устройство

Привлекательность ТП обусловлена следующими факторами [15–22]:

– максимально экологически чистый источник тепла;

– используют (утилизируют) рассеянное тепло естественного (тепловая энергия воды, воздуха, почвы) или техногенного происхождения (тепло промышленных сточных вод, вентиляционных труб и дымовых газов и т.п.) с температурой от 5 до 45 °С, то есть тепло, которое может быть эффективно применено с помощью специального оборудования;

– ТП – единственная машина, вырабатывающая тепло с эффективностью, достигающей до 700 % при стоимости тепловой энергии в 3–5 раз ниже по сравнению с традиционными теплоисточниками;

– высокий уровень автоматизации процесса получения тепла с гибкой схемой, позволяющий получать оптимальное количество тепла для конкретных условий во времени и погодных условий.

Результаты и обсуждение

Анализ эффективности работы АИЭК на базе ТП с использованием различных видов низкопотенциальной теплоты

При оценке эффективности работы ТП используется специальный *коэффициент преобразования энергии (φ),* обозначающий во сколько раз больше производится (тепловой) энергии в сравнении с затраченной (электрической энергией). Этот коэффициент для предлагаемых насосов находится в пределах от 3,6 до 8,0. Значение коэффициента зависит от температуры охлаждаемой воды (или другого низкопотенциального теплоносителя).

Коэффициент преобразования энергии (КПЭ) ТП определяется по формуле [15]:

$$\varphi = Q_{конд}/N_{комп} = \alpha \times T_{конд}/(T_{конд} - T_{исп}), \quad (1)$$

где Qконд – теплота, отводимая от конденсатора;

Nкомп – мощность, потребляемая компрессором;

Тконд – температура рабочего тела на выходе из конденсатора;

Тисп – температура рабочего тела на выходе из испарителя;

α – суммарный коэффициент потерь ТП (потери цикла, потери в компрессоре, потери от необратимости при теплопередаче и т.п.).

На приведенной ниже таблице 1 даны среднегодовые значения коэффициента φ для различных температур охлаждаемой воды:

Таблица 1 – Значения φ для различных температур охлаждаемой воды

(^{0}C)	5	10	15	20	25	30	35	40
(φ)	3,6	4,06	4,6	5,35	5,98	6,64	7,19	7,93

К примеру, φ = 3,5 означает, что, подведя к машине 1 кВт электрической энергии, на выходе мы получим 3,5 кВт тепловой мощности, то есть 2,5 кВт природа предлагает нам безвозмездно.

Учеными ЕНУ им. Л. Н. Гумилева проведены исследования и оценка эффективности различных схем применения АИЭК с использованием ВИЭ.

Ниже (рис.3–6) приведены некоторые из этих схем [15–22].

Схема работы АИЭК с использованием в качестве источника теплоты грунтовых вод

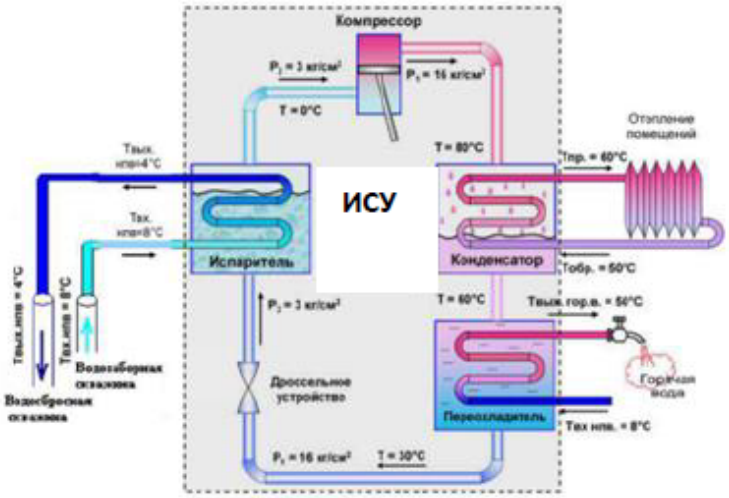


Рисунок 3 – Схема работы АИЭК с использованием грунтовых вод

Схема работы АИЭК с использованием солнечного коллектора

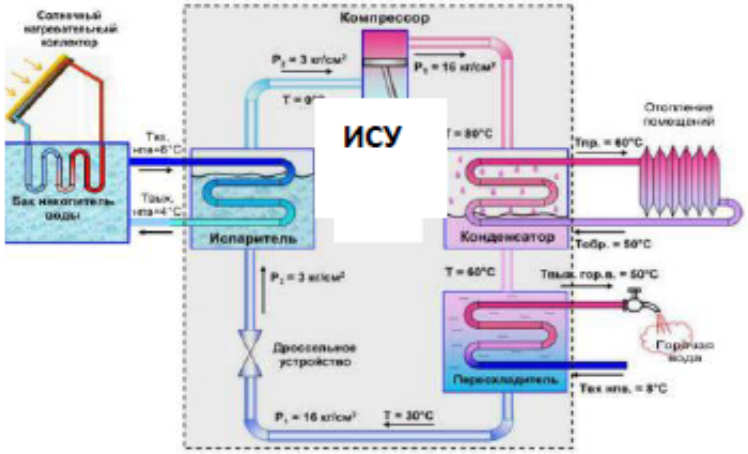


Рисунок 4 – Схема работы АИЭК с использованием солнечного коллектора

Схема работы АИЭК с использованием теплоты грунта

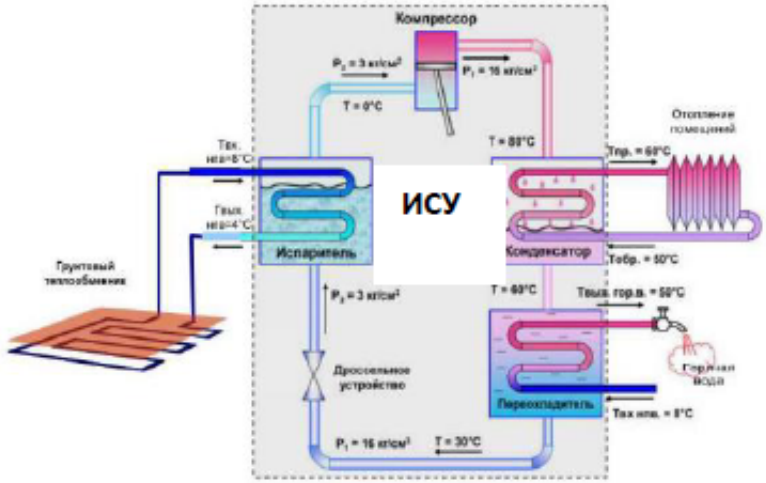


Рисунок 5 – Схема работы АИЭК с использованием теплоты грунта

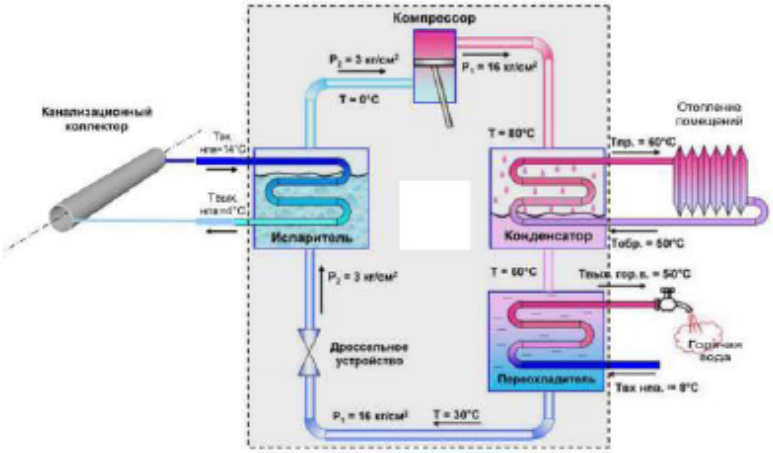


Рисунок 6 – Схема работы АИЭК с использованием теплоты сточных вод

Автоматизацией АИЭК двойного назначения с использованием различных видов НВИЭ предусмотрено:

– автоматическое регулирование температуры воды на выходе из АИЭК;

Поддержание технологического режима осуществляется с помощью микропроцессорных регуляторов в качестве ведомых систем регулирования, которые устанавливаются непосредственно в АИЭК двойного назначения.

Регуляторы обеспечивают:

– автоматический пуск и остановку рабочих агрегатов;

– сигнализацию о работе и состоянии АИЭК;

– *Технологическая защита АИЭК двойного назначения*

Автоматическая защита срабатывает при:

– отключении электроснабжения, пропадании одной из питающих фаз, перекосе фаз, изменении порядка чередования фаз;

– аварийном состоянии основных узлов автоматики;

– обрыве линии защиты;

– разгерметизации системы хладогента;

– разгерметизации или утечке хладогента в одном из теплообменных аппаратов;

– остановке подачи воды теплоисточника;

– остановке циркуляции теплоносителя в системе теплоснабжения.

АИЭК двойного назначения работает в автоматическом режиме под наблюдением оператора, не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Особенностью применения АИЭК двойного назначения с использованием различных видов НВИЭ является наличие *интеллектульной системы управления* (далее – ИСУ) [13, 14].

Выводы

Таким образом, исследование перспектив применения энергосберегающих технологий с комплексным использованием альтернативных источников энергии на примере АИЭК для энергообеспечения объектов военной инфраструктуры Республики Казахстан с удаленным доступом является актуальной задачей в современных условиях.

Список использованных источников

1 Закон Республики Казахстан «О поддержке использования возобновляемых источниках энергии» (№165-IV от 4 июля 2009 г.)

2 Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (№541-1V ЗРК от 13.01.2012 г.).

3 Программа «Энергосбережение 2020», утвержденная Постановлением Правительства Республики Казахстан от 29 августа 2013 года № 904.

4 Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана «Новые возможности в условиях четвертой промышленной революции» //10 января 2018 г.

5 **Алимгазин, А. Ш., Бергузинов, А. Н.** Применение технологии «Зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии»

международной выставки «EXPO-2017» // Вестник ПГУим.С.Торайгырова, серия «Энергетическая». – 2017. – № 1.– С. 21–28.

6 Патент РК №2289 на полезную модель «Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения» – авторы Алимгазин А. Ш., Алимгазина С. Г., Бахтияров А. Е., Омаров К. С., Калиев Г. А., Калиев Б. А. // БИ №14 от 31.07.2017 г., регистр.номер 2016/0377.2 от 11 июля 2016 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» (далее – НИИС) Министерства юстиции (МЮ) Республики Казахстан.

7 **Алимгазин, А. Ш., Омаров, К. С.** Применение энергосберегающих технологий с комплексным использованием нетрадиционных источников энергии для энергообеспечения объектов Международной выставки «EXPO-2017» // В кн.: Материалы Международной НТК «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения». – Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 16 марта 2018 г. – С. 504–509

8 Отчет по итогам военно-научного исследования специализированной Международной выставки EXPO-2017 (г.Астана) в период поведения выставки с 8 по 11 августа 2017 г. – 2017 г. – С. 77.

9 **Акимбаев, Е. Ж., Бактибаев, А. Б.** Применение энергосберегающих технологий в Республике Казахстан // Әскери гылым академиясыңын хабаршысы. – Астана, 2016. – № 4. – С. 8–11.

10 **Грузин, В. В., Шлейко, М. Е., Шойнбаев, А. У.** Разработка структурной схемы гибридной энергетической установки // Әскери гылым академиясыңын хабаршысы. – Астана, 2014. – № 3.– С. 31–38.

11 **Асанов, И. С.** Рациональный технический облик альтернативной энергетической системы подразделений Пограничной службы КНБ Республики Казахстан // Әскери гылым академиясыңын хабаршысы.– г. Нур-Султан, 2019. – №4. – С. 30–37.

12 **Байкенов, Д. Б., Жампеисов, Г. Н.** Альтернативные источники энергии как элемент повышения автономности и энергонезависимости вооруженных сил//Әскери гылым академиясыңын хабаршысы. – г. Нур-Султан, 2019. – № 4. – С. 41–47.

13 **Алимгазин, А. Ш., Серкпаев, М. О., Асылов, Н. Ж.** Перспективы применения энергосберегающих технологий с использованием альтернативных источников энергии на объектах военной инфраструктуры Республики Казахстан // Әскери ғылым академиясының хабаршысы. – № 2. – 2020. – Нур-Султан.

14 **Lu Y.-Z.** Industrial intelligent control : fundamentals and applications / Y.-Z. Lu. – New York : Wiley, 1996. – 346 p.

15 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина (Бахтиярова), С. Г.** Разработка технологий и внедрение энергосберегающих 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.

16 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Bakhtiyarova, S. E.** The block-modular heat pump installation for utilization of low-poten-tial reset heat of technical water supply systems of industrial enterprises. // Jubilee International Conference X Minsk International Seminar «Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», September 10–13, 2018. – Minsk, Belarus. [Electronic resource]. – https: // minskheatpipes.by.

17 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г.** Перспективы применения энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии на Аксуском заводе ферросплавов – филиале АО «ТНК «Казхром» // Вестник ПГУ, серия «Энергетическая». – 2019. – № 4. – С. 54–63.

18 **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 Conferences 178, 01003 (2020) [Electronic resource]. – https://doi.org/10.1051/e3sconf/ 202017801003 HSTED-2020

19 **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) [Electronic resource]. – https://doi.org/10.1051/e3sconf/ 202017801017 HSTED-2020

20 **Яворовский, Ю. В., Султангузин, И. А., Бартенев, А. И., Прищепова, С. А., Трушин, Е. С., Алимгазин, А. Ш.** Повышение энергетической и экологической эффективности теплоэлектроцентрали на основе применения абсорбционных трансформаторов теплоты // Вестник МЭИ, 2020. №4. DOI: 10.24160/ 1993-6982-2020-4-89-97.

21 **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. – М., 2020. – № 2. DOI: 10.24223/1999-5555-2020-13-2-97-104.

22 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Bakhtiyarova, S. E., Zhumagulov, M. G.** The possibility of using of heat pump technologies in various regions of the Republic of Kazakhstan // The Third International Scientific Conference «Alternative Energy Sources, Materials & Technologies (AESMT'20)». –Volume 1. Varna, Bulgaria, – 8–9 June, 2020. – P. 65–72.

References

1 Zakon Respubliki Kazaxstan «O podderzhke ispol`zovaniya vozobnovlyaemy`x istochnikax e`nergii» (№165-IV ot 4 iyulya 2009 g.). [The law of the Republic of Kazakhstan «About support of use of renewable energy sources» (№165-IV ZRK of 4 July 2009)].

2 Zakon Respubliki Kazaxstan «Ob e`nergosberezhenii i povy`shenii e`nergoe`ffektivnosti» (№541-1V ZRK ot 13.01.2012 g.). [The law of the Republic of Kazakhstan «On energy saving and energy efficiency» (№541-1V ZRK of 13.01.2012)].

3 Programma «E`nergosberezhenie 2020», utverzhdennaya Postanovleniem Pravitel`stva Respubliki Kazaxstan ot 29 avgusta 2013 goda № 904. [The program «Energy efficiency 2020», approved by the Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan from August 29, 2013 № 904].

4 Poslanie Prezidenta Respubliki Kazaxstan N. Nazarbaeva narodu Kazaxstana «Novy`e vozmozhnosti v usloviyax chetvertoj promy`shlennoj revolyucii». 10 yanvarya 2018 g. [The Message Of The President Of The Republic Of Kazakhstan N. Nazarbayev to people of Kazakhstan «New opportunities in terms of the fourth industrial revolution». 10 Jan 2018].

5 **Alimgazin, A. Sh., Berguzinov, A. N.** Primenenie texnologii «Zelenoe otoplenie» dlya e`nergoobespecheniya ob``ekta «Centr issledovaniya e`nergii» mezhdunarodnoj vy`stavki «EXRO-2017» // [Application of «Green heating» technology for energy supply of the «Center for energy research» object of the international exhibition «EXPO-2017»]. In Vestnik PGU seriya «E`nergeticheskaya». Bulletion of PSU. Series Energetics : – 2017. – No. 1. – P. 21–28.

6 Patent RK №2289 na poleznuyu model` [«Teplonasosnaya ustanovka dlya otopleniya i goryachego vodosnabzheniya»] – In Alimgazin A. Sh., Alimgazina S. G., Baxtiyarov A. E., Omarov K. S., Kaliev G. A., Kaliev B. A. (eds.) [Patent of the Republic of Kazakhstan No. 2289 for the utility model «Heat Pump Installation for Heating and Hot Water Supply»] In BI No. 14 of 31.07.2017, Register.number 2016/0377.2 dated July 11, 2016 in the RSE «National Institute of Intellectual Property» (hereinafter – NIIS) of the Ministry of Justice (MOJ) of the Republic of Kazakhstan.

7 **Alimgazin, A. Sh., Omarov, K. S.** Primenenie e`nergosberegayushhix texnologij s kompleksny`m ispol`zovaniem netradicionny`x istochnikov e`nergii dlya e`nergoobespecheniya ob``ektov Mezhdunarodnoj vy`stavki «EXRO-2017» [Application of energy-saving technologies with complex use of non-traditional energy sources for power supply of objects Of the international exhibition «EXPO-2017»] // In Materials of the International STC «Actual problems of transport and

energy. Ways of their innovative solutions». – Astana : ENU named after L. N. Gumilyov, March 16, 2018. – P. 504–509.

8 Otchet po itogam voenno-nauchnogo issledovaniya specializirovannoj Mezhdunarodnoj vy`stavki EXRO-2017 (g.Astana) v period povedeniya vy`stavki s 8 po 11 avgusta 2017 g. [Report on the results of military scientific research of the specialized international exhibition EXPO-2017 (Astana) during the exhibition period from 8 to 11 August 2017] – 2017. – P. 77.

9 **Akimbaev, E. Zh., Baktibaev, A. B.** Primenenie e`nergosberegayushhix texnologij v Respublike Kazaxstan [Application of energy-saving technologies in the Republic of Kazakhstan] In Askeri Gylym akademiyasynyn khabarshysy. – Astana, 2016. – No. 4. – P. 8–11.

10 **Gruzin, V. V., Shlejko, M. E., Shojnbaev, A. U.** Razrabotka strukturnoj sxemy` gibridnoj e`nergeticheskoj ustanovki [Development of the structural scheme of a hybrid power plant] In Askeri Gylym akademiyasynyn khabarshysy. – Astana, 2014. – No. 3. – P. 31–38.

11 **Asanov, I. S.** Racional`ny`j texnicheskij oblik al`ternativnoj e`nergeticheskoj sistemy` podrazdelenij Pogranichnoj sluzhby` KNB Respubliki [Rational technical appearance of the alternative energy system of the Border service divisions of the national security Committee of the Republic of Kazakhstan] In Askeri Gylym akademiyasynyn khabarshysy. – Nur-Sultan, 2019. – No. 4. – P. 30–37.

12 **Bajkenov, D. B., Zhampeisov, G. N.** Al`ternativny`e istochniki e`nergii kak e`lement povy`sheniya avtonomnosti i e`nergonezavisimosti vooruzhenny`x sil [Alternative energy sources as an element of increasing the autonomy and energy independence of the armed forces] In Gylym academician habarcisi. – Nur-Sultan, 2019. – No. 4. – P. 41–47.

13 **Alimgazin, A. Sh., Serkpaev, M. O., Asylov, N. Zh.** Perspektivy` primeneniya e`nergosberegayushhix texnologij s ispol`zovaniem al`ternativny`x istochnikov e`nergii na ob``ektax voennoj infrastruktury` Respubliki Kazaxstan [Prospects for applying energy-saving technologies using alternative energy sources at military infrastructure facilities of the Republic of Kazakhstan] In Gylym akademiyasida habarcisi. – No. 2. – 2020. – Nur-Sultan.

14 **Lu Y.-Z.** Industrial intelligent control : fundamentals and applications [Industrial intelligent management : fundamentals and applications] In Y.-Z. Lu. – New York : Wiley, 1996. – 346 P.

15 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina (Baxtiyarova), S. G.** Razrabotka texnologij i vnedrenie e`nergosberegayushhix sistem teplosnabzheniya zhily`x, obshhestvenny`x i proizvodstvenny`x zdanij v Respublike Kazaxstan s ispol`zovaniem netradicionny`x i vozobnovlyaemy`x istochnikov e`nergii [Development of technologies and implementation of energy-saving heat

supply systems for 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.

16 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Bakhtiyarova, S. E.** The block-modular heat pump installation for utilization of low-potential reset heat of technical water supply systems of industrial enterprises. // Jubilee International Conference X Minsk International Seminar «Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», September 10–13, 2018, Minsk, Belarus, https: // minskheatpipes.by. [Block-modular heat pump installation for utilization of low-potential waste heat of industrial water supply systems]. In Jubilee international conference X Minsk international seminar «Heat pipes, heat pumps, refrigerators, power sources». – September 10–13, 2018. – Minsk, Belarus. [Electronic resource]. – https: // minskheatpipes.by].

17 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G.** Perspektivy` primeneniya e`nergo-sberegayushhix teplonasosny`x texnologij s ispol`zovaniem al`ternativny`x istochnikov e`nergii na Aksuskom zavode ferrosplavov – filiale AO «TNK «Kazxrom» [Prospects for the application of energy-saving heat pump technologies using alternative energy sources at the Aksu Ferroalloy planta branch of JSC «TNK « Kazchrom»] Bulletin of PSU, Series «Energetics» . – 2019. – No. 4. – P. 54–63.

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

19 **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 In E3S Web of Conferences 178, 01017 (2020) [Electronic resource]. – https://doi.org/10.1051/e3sconf/ 202017801017 HSTED-2020.

20 **Yavorovskij, Yu. V., Sultanguzin, I. A., Bartenev, A. I., Prishhepova, S. A., Trushin, E. S., Alimgazin, A. Sh.** Povy`shenie e`nergeticheskoj i e`kologi-cheskoj e`ffektivnosti teploe`lektrocentrali na osnove primeneniya absorbci-onny`x transformatorov teploty` [Improving the energy and environmental efficiency of thermal power plants based on the use of absorption heat transformers] In MEI Bulletin. – 2020. – No. 4. [Electronic resource]. DOI: 10.24160/ 1993-6982-2020-4-89-97.

21 **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. [Use of low-temperature VER with the use of heat transformers in non-ferrous metallurgy]. In Reliability and safety of energy. – Moscow, – 2020. – No. 2. – [Electronic resource]. DOI: 10.24223/1999-5555-2020-13-2-97-104.

22 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Bakhtiyarova, S. E., Zhumagulov, M. G.** The possibility of using of heat pump technologies in various regions of the Republic of Kazakhstan In The Third International Scientific Conference «Alternative Energy Sources, Materials & Technologies (AESMT'20)». –Volume 1. – P. 65–72. Varna, Bulgaria. 8–9 June, 2020.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

А. Ш. Алимгазин[1], М. О. Серкпаев[2], А. Н. Бергузинов[3], С. Е. Бахтиярова[4]

Қазақстан Республикасында баламалы энергия көздерін қолдану үшін энергияны үнемдейтін технологияларын пайдалану мүмкіндіктерін талдау

[1,4]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[2]Қазақстан Республикасының әскери ғылым академиясы,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[3]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

A. Sh. Alimgazin[1], M. O. Serkpayev[2], A. N. Berguzinov[3], S. E. Bakhtiyarova[4]

Analysis of the possibilities of using energy-saving technologies with the application of alternative energy sources in the Republic of Kazakhstan

[1,4]L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[2]Academy of military sciences of the Republic of Kazakhstan,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan ;
[3]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 30.09.20.

Мақалада ҚР Қорғаныс министрлігінің, Шекара қызметінің және Төтенше жағдайлар министрлігінің шалғайдағы объектілері үшін жылу және салқындату жүйелерінің сенімділігін қамтамасыз

ету үшін баламалы энергия көздерін пайдаланатын екі жақты мақсаттағы автономды интеллектуалды электрмен жабдықтау кешенін (АИЭК) пайдалану перспективалары қарастырылды. Жоғарыда аталған қондырғыларға енгізу үшін АИЭК-ті интеллектуалды басқару жүйесімен және әлеуеті төмен жылу көзі ретінде әр түрлі жаңартылатын энергия көздерін пайдаланудың нақты технологиясы ұсынылған.

Кілтті сөздер: энергияны үнемдеу, баламалы және жаңартылатын энергия көздері, жылумен жабдықтау, автономды интеллектуалды энергиямен жабдықтау кешені.

The article discusses the prospects for the use of an autonomous intelligent power supply complex (AIPC) of dual purpose using alternative energy sources to ensure the reliability of heat and cooling systems for remote facilities of the Ministry of Defense, the Border Service, and the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. A specific technology for using AIPC with an intelligent control system and using various renewable energy sources as a low-potential heat source has been proposed for implementation at the above facilities.

Keywords: energy saving, alternative and renewable energy sources, heat supply, autonomous intelligent power supply complex.

МРНТИ 50.03.03

https://doi.org/10.48081/BYUC7066

М. А. Бейсенби, С. О. Ахметова,
А. А. Адилбаев, Г. Б. Дүйсенғали
Евразийский Национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

УПРАВЛЕНИЕ НЕУСТОЙЧИВЫМИ ПРОЦЕССАМИ В КЛАССЕ КАТАСТРОФ «ЛАСТОЧКИН ХВОСТ» ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С ОДНИМ ВХОДОМ И С ОДНИМ ВЫХОДОМ

В статье излагается метод пастроения и исследования систем управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости линейными динамическими объектами с неопределенными параметрами в классе катастроф ласточкин хвост. Показано, что система управления с одним входом и с одним выходом с повышенным потенциалом робастной устойчивости обеспечивает устойчивость при любых изменениях неопределенных параметров и соответственно гарантированно исключает режим неустойчивости в системе.

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

Введение

Реальные системы управления проектируется и функционируют в условиях неопределенности. Неопределенность может быть обусловлена незнанием истинных значений параметров объектов управления на этапе проектирования и непредсказуемым изменением их в процессе эксплуатации. Поэтому в настоящее время, актуальной проблемой является создание системы управления, обеспечивающей в некотором смысле гарантированно найлучшую защиту от неопределенности в знании свойств системы управления, т.е. системы управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости [1, 2, 3, 4, 5]. В известной постановке [6, 7, 8], исследование, системы на робастную устойчивость состоит в укзании ограничений на изменение параметров в рамках линейного принципа устойчивости [6, 7, 8, 9].

В настоящее время общепризнано, что одним из основных свойст линейных динамических объектов является порождение режима «неустойчивости» и потеря управлямости объекта в условиях неопределенности. Следует отметить, что неустойчивости в системах управления порождается в результате выхода неопределенных параметров системы за границы робастной устойчивости.

В связи с этим, в условиях большой неопределенности предлагается разработать метод построения систем управления с одним входом и с одним выходом, гарантированной защитой от режима «неустойчивости» в классе катастроф ласточкин хвост [10, 11]. Система управления с повышенным потенциалом робастной устойчивости исследуется градиентно – скоростным методом вектор – функции Ляпунова. [1, 12] показано, что система управления становятся устойчивой при любых изменения неопределенных параметров и это гарантированно может защитить от режима «неустойчивости» в системах управления.

Пусть система управления обладает единственным входом и единственным выходом и описывается уравнением состояния [13, 6]:

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

где

$$A = \begin{Vmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & .. \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \dots & -a_1 \end{Vmatrix}, \qquad B = \begin{Vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \end{Vmatrix},$$

$$x = \begin{Vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ \dots \\ x_n \end{Vmatrix}$$

Закон управления $u(t)$ задается в форме функций катастрофы ласточкин хвост [10,11]

$$u_i = -\frac{1}{5}x_i^5 - \frac{1}{3}k_i^1 x_i^3 - \frac{1}{2}k_2^2 x_i^2 + k_i^3 x_i, i = 1,\dots,n \tag{2}$$

Система (1) с учетом закона управления (2) в развернутом виде записывается

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = x_3 \\ \dots\dots \\ \frac{dx_{n-1}}{dt} = x_n \\ \frac{dx_n}{dt} = -\frac{1}{5}x_1^5 - \frac{1}{3}k_1^1 x_1^3 - \frac{1}{2}k_1^2 x_1^2 + (k_1^3 - a_n)\cdot x_1 - \frac{1}{5}x_2^5 - \frac{1}{3}k_2^1 x_2^3 - \\ -\frac{1}{2}k_2^2 x_2^2 + (k_2^3 - a_{n-1})x_2 - \dots - \frac{1}{5}x_n^5 - \frac{1}{3}k_n^1 x_n^3 - \frac{1}{2}k_n^2 x_n^2 + (k_n^3 - a_1)x_n. \end{cases} \tag{3}$$

Из (3) можно получить стационарные состояния:

$$x_{1s}^1 = 0, x_{2s}^1 = 0, \dots, x_{ns}^1 = 0 \tag{4}$$

Для определения других стационарных состояний исследуется критические точки вырожденности [10, 11] и получено

$$x_{iS}^2 = \sqrt[4]{\frac{k_i^3 - a_{n-i+1}}{4}}, k_i^2 = 6\left(\sqrt[4]{\frac{1}{4}(k_i^3 - a_{n-i+1})}\right)^3, k_i^1 = \sqrt{\frac{1}{4}(k_i^3 - a_{n-i+1})}, \tag{5}$$

Исследование устойчивости этих стационарных состояний (4) и (5), проводится на основе градиентно – скоростного метода вектор функции Ляпунова [1, 12]

Рассмотрим с начало устойчивость стационарного состояния (4). Из уравнения состояния определяем компонентов вектора градиента вектор – функции Ляпунова $V(x) = (V_1(x), V_2(x), \dots, V_n(x))$

$$\begin{cases} \dfrac{dV_1(x)}{dx_2} = -x_2, \dfrac{dV_2(x)}{dx_3} = -x_3, \ldots, \dfrac{dV_{n-1}(x)}{dx_n} = -x_n \\ \dfrac{dV_n(x)}{dx_1} = \dfrac{1}{5}x_1^5 + \dfrac{1}{3}k_1^1 x_1^3 + \dfrac{1}{2}k_1^2 x_1^2 - (k_1^3 - a_n)x_1, \dfrac{dV_n(x)}{dx_2} = \dfrac{1}{5}x_2^5 + \dfrac{1}{3}k_2^1 x_2^3 + \dfrac{1}{2}k_2^2 x_2^2 - (k_2^3 - a_{n-1})x_2, \\ \dfrac{dV_n(x)}{dx_3} = \dfrac{1}{5}x_3^5 + \dfrac{1}{3}k_3^1 x_3^3 + \dfrac{1}{2}k_3^2 x_3^2 - (k_3^3 - a_{n-2})x_3 \\ \ldots\ldots\ldots \\ \dfrac{dV_n(x)}{dx_n} = \dfrac{1}{5}x_n^5 + \dfrac{1}{3}k_n^1 x_n^3 + \dfrac{1}{2}k_n^2 x_n^2 - (k_n^3 - a_1)x_n \end{cases} \quad (6)$$

Из (3) определяем компонентов разложение вектора скорости по координатам:

$$\begin{cases} \left(\dfrac{dx_1}{dt}\right)_{x_2} = x_2, \left(\dfrac{dx_2}{dt}\right)_{x_3} = x_3, \ldots, \left(\dfrac{dx_{n-1}}{dt}\right)_{x_n} = x_n \\ \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x_1} = -\dfrac{1}{5}x_1^5 - \dfrac{1}{3}k_1^1 x_1^3 - \dfrac{1}{2}k_1^2 x_1^2 + (k_1^3 - a_n)x_1, \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x_2} = -\dfrac{1}{5}x_2^5 - \dfrac{1}{3}k_2^1 x_2^3 - \dfrac{1}{2}k_2^2 x_2^2 + (k_2^3 - a_{n-1})x_2, \\ \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x_3} = -\dfrac{1}{5}x_3^5 - \dfrac{1}{3}k_3^1 x_3^3 - \dfrac{1}{2}k_3^2 x_3^2 + (k_3^3 - a_{n-2})x_3, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x_n} = -\dfrac{1}{5}x_n^5 - \dfrac{1}{3}k_n^1 x_n^3 - \dfrac{1}{2}k_n^2 x_n^2 + (k_n^3 - a_1)x_n \end{cases} \quad (7)$$

Вычисляем полную производную по времени от вектор-функции Ляпунова, как скалярное произведение вектора градиента (6) на вектор скорости (7).

$$\begin{aligned} \frac{dV(x)}{dt} &= \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial V_i(x)}{\partial x_j}\left(\frac{dx_i}{dt}\right)\right)_{xj} = -x_2^2 - x_3^2 - \ldots, -x_n^2 - \\ &- \left[\frac{1}{5}x_1^5 + \frac{1}{3}k_1^1 x_1^3 + \frac{1}{2}k_1^2 x_1^2 - (k_1^3 - a_n)x_1\right]^2 - \left[\frac{1}{5}x_2^5 + \frac{1}{3}k_2^1 x_2^3 + \frac{1}{2}k_2^2 x_2^2 - (k_2^3 - a_{n-1})x_2\right]^2 - \\ &- \left[\frac{1}{5}x_3^5 + \frac{1}{3}k_3^1 x_3^3 + \frac{1}{2}k_3^2 x_3^2 - (k_3^3 - a_{n-2})x_3\right]^2 - \ldots, - \\ &- \left[\frac{1}{5}x_n^5 + \frac{1}{3}k_n^1 x_n^3 + \frac{1}{2}k_n^2 x_n^2 - (k_n^3 - a_1)x_n\right]^2. \end{aligned} \quad (8)$$

Из (8) 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 (6) строим вектор-функции Ляпунова скалярной форме.

$$\begin{aligned} V(x) &= \frac{1}{30}x_1^6 + \frac{1}{12}k_1^1 x_1^4 + \frac{1}{6}k_1^2 x_1^3 - \frac{1}{2}(k_1^3 - a_n)x_1^2 + \frac{1}{30}x_2^6 + \frac{1}{12}k_2^1 x_2^4 + \\ &+ \frac{1}{6}k_2^2 x_2^3 - \frac{1}{2}(k_2^3 - a_{n-1} + 1)x_2^2 + \frac{1}{30}x_3^6 + \frac{1}{12}k_3^1 x_3^4 + \frac{1}{6}k_3^2 x_3^3 - \frac{1}{2}(k_3^3 - a_{n+1} - 2) \\ &\times x_3^2 + \ldots, + \frac{1}{30}x_n^6 + \frac{1}{12}k_n^1 x_n^4 + \frac{1}{6}k_n^2 x_n^3 - \frac{1}{2}(k_n^3 - a_1 + 1)x_n^2. \end{aligned} \quad (9)$$

Согласно лемме Морса функций Ляпунова (8) можем представить в виде квадратичной формы:

$$V(x) = -(k_1^3 - a_n)x_1^2 - (k_2^3 - a_{n-1} + 1)x_2^2 - (k_3^3 - a_{n-2} + 1)x_3^2 - \ldots, -(k_n^3 - a_1 + 1)x_n^2, \quad (10)$$

Положительная определенность квадратичной формы (10) или необходимое условие асимптотической устойчивости стационарного состояния (4) определяется системой неравенств:

$$\begin{cases} k_1^3 - a_n < 0 \\ k_2^3 - a_{n-1} + 1 < 0 \\ k_3^3 - a_{n-2} + 1 < 0 \\ \ldots\ldots\ldots \\ k_n^3 - a_1 + 1 < 0 \end{cases} \quad (11)$$

Следует отметить, что при выполнений системы неравенств (11) стационарное состояние (4) будет существовать и является устойчивой. В условиях нарушения этих неравенств, появляются новое стационарное состояние (5). Стационарное состояние (4) и (5), одновременно не существует это результатами теории катастроф доказано [10, 11] стационарное состояния (5), существует и появляется при потере устойчивости стационарного состояния (4). 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 (5) градиентно-скоростным методом вектор функции Ляпунова. Для исследования систему (3) представляем в отклонениях относительно стационарного состояния (5).

$$\begin{cases} \dfrac{dx_1}{dt} = x_2, \dfrac{dx_2}{dt} = x_3, \ldots, \dfrac{dx_{n-1}}{dt} = x_n \\ \dfrac{dx_n}{dt} = -\dfrac{1}{5}x_1^5 - \sqrt{\dfrac{k_1^3 - a_n}{4}}x_1^4 - 2\sqrt{\dfrac{k_1^3 - a_n}{4}}x_1^3 - 6\left(\sqrt[4]{\dfrac{k_1^3 - a_n}{4}}\right)^3 x_1^2 - \\ -(k_1^3 - a_{n-1})x_1 - \dfrac{1}{5}x_2^5 - \sqrt{\dfrac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}x_2^4 - 2\sqrt{\dfrac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}x_2^3 - \\ -6\left(\sqrt[4]{\dfrac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}\right)^3 - (k_2^3 - a_{n-1})x_2 - \ldots, -\dfrac{1}{5}x_n^5 - \sqrt{\dfrac{k_n^3 - a_1}{4}}x_n^4 - \\ -2\sqrt{\dfrac{k_n^3 - a_1}{4}}x_n^3 - 6\left(\sqrt[4]{\dfrac{k_n^3 - a_1}{4}}\right)^3 x_n^2 - (k_n^3 - a_1)x_n, \end{cases} \quad (12)$$

Исследуем устойчивость системы (12) градиентно скоростным методом вектор-функции Ляпунова. Для этого определяем компонентов вектора градиентов от векторной функции Ляпунова $V(x) = (V_1(x), \ldots, V_n(x))$ из уравнений состояния (12):

$$\begin{cases} \dfrac{\partial V_1(x)}{\partial x_2} = x_2, \dfrac{\partial V_2(x)}{\partial x_3} = -x_3, \ldots, \dfrac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_n} = -x_n \\ \dfrac{\partial V_n(x)}{\partial x_1} = \dfrac{1}{5}x_1^5 + \sqrt{\dfrac{k_1^3 - a_n}{4}}x_1^4 + 2\sqrt{\dfrac{k_1^3 - a_n}{4}}x_1^3 + 6\left(\sqrt[4]{\dfrac{k_1^3 - a_n}{4}}\right)^3 x_1^2 + (k_1^3 - a_n)x_1, \\ \dfrac{\partial V_n(x)}{\partial x_2} = \dfrac{1}{5}x_2^5 + \sqrt{\dfrac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}x_2^4 - 2\sqrt{\dfrac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}x_2^3 + 6\left(\sqrt[4]{\dfrac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}\right)^3 x_2^2 + (k_2^3 - a_{n-1})x_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \dfrac{\partial V_n(x)}{\partial x_n} = \dfrac{1}{5}x_n^5 + \sqrt{\dfrac{k_n^3 - a_1}{4}}x_n^4 + 2\sqrt{\dfrac{k_n^3 - a_1}{4}}x_n^3 + 6\left(\sqrt{\dfrac{k_n^3 - a_1}{4}}\right)^3 x_n^2 + (k_n^3 - a_1)x_n \end{cases} \quad (13)$$

Из (12)определяем разложение компонентов вектора скорости по координатам системы:

$$\begin{cases} \left(\dfrac{dx_1}{dt}\right)_{x2} = x_2, \left(\dfrac{dx_2}{dt}\right)_{x_3} = x_2, \left(\dfrac{dx_1}{dt}\right)_{x_3} = x_3, \ldots, \left(\dfrac{dx_{n-1}}{dt}\right)_{x_n} = x_n \\ \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x1} = -\dfrac{1}{5}x_1^5 - \sqrt{\dfrac{k_1^3 - a_n}{4}}x_1^4 - 2\sqrt{\dfrac{k_1^3 - a_n}{4}}x_1^3 - 6\left(\sqrt[4]{\dfrac{k_1^3 - a_n}{4}}\right)^3 x_1^2 - (k_1^3 - a_n)x_1, \\ \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x2} = -\dfrac{1}{5}x_2^5 - \sqrt{\dfrac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}x_2^4 - 2\sqrt{\dfrac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}x_2^3 - 6\left(\sqrt[4]{\dfrac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}\right)^3 x_2^3 - (k_2^3 - a_{n-1})x_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \left(\dfrac{dx_n}{dt}\right)_{x_n} = -\dfrac{1}{5}x_n^5 - \sqrt{\dfrac{k_n^3 - a_1}{4}}x_n^4 - 2\sqrt{\dfrac{k_n^3 - a_1}{4}}x_n^3 - 6\left(\sqrt[4]{\dfrac{k_n^3 - a_1}{4}}\right)^3 x_n^3 - (k_n^3 - a_1)x_n \end{cases} \quad (14)$$

Вычисляется полные производные по времени от вектор – функции Ляпунова, как скалярное произведение вектора градиента (13) на вектор скорости (14):

$$\begin{aligned} \frac{dV(x)}{dt} &= \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial V_i(x)}{\partial x_j}\left(\frac{dx_i}{dt}\right)\right)_{xj} = -x_2^2 - x_3^2 - \ldots, -x_n^2 - \\ &-\left[\frac{1}{5}x_1^5 + \sqrt{\frac{k_1^3 - a_n}{4}}x_1^4 + 2\sqrt{\frac{k_1^3 - a_n}{4}}x_1^3 + 6\left(\sqrt[4]{\frac{k_1^3 - a_n}{4}}\right)^3 x_1^2 + (k_1^3 - a_n)x_1\right]^2 - \\ &-\left[\frac{1}{5}x_2^5 + \sqrt{\frac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}x_2^4 + 2\sqrt{\frac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}x_2^3 + 6\left(\sqrt{\frac{k_2^3 - a_{n-1}}{4}}\right)^3 x_2^2 + (k_2^3 - a_{n-1})x_2\right]^2 - \ldots, - \\ &-\left[\frac{1}{5}x_n^5 + \sqrt{\frac{k_n^3 - a_1}{4}}x_n^4 + 2\sqrt{\frac{k_n^3 - a_1}{4}}x_n^3 + 6\left(\sqrt{\frac{k_n^3 - a_1}{4}}\right)^3 x_n^2 + (k_n^3 - a_1)x_n\right]^2. \end{aligned} \quad (15)$$

Из (15) 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 вектор – функции Ляпунова (12) построим вектор – функции Ляпунова в скалярной форме:

$$V(x)=\frac{1}{30}x_1^6+\frac{1}{5}\sqrt{\frac{k_1^3-a_n}{4}}x_1^5+\frac{1}{2}\sqrt{\frac{k_1^3-a_n}{4}}x_1^4+\left(\sqrt{\frac{k_1^3-a_n}{4}}\right)^3x_1^3+\frac{1}{2}(k_1^3-a_n)x_2^2+$$
$$+\frac{1}{30}x_2^6+\frac{1}{5}\sqrt{\frac{k_2^3-a_{n-1}}{4}}x_2^5+\frac{1}{2}\sqrt{\frac{k_2^3-a_{n-1}}{4}}x_2^4+2\left(\sqrt[4]{\frac{k_3^2-a_{n-1}}{4}}\right)^3x_2^3+\frac{1}{2}(k_2^3-a_{n-1}-1)x_2^2+,\ldots,+ \quad (16)$$
$$+\frac{1}{30}x_n^6+\frac{1}{5}\sqrt{\frac{k_n^3-a_1}{4}}x_n^5+\frac{1}{2}\sqrt{\frac{k_n^3-a_1}{4}}x_n^4+2\left(\sqrt{\frac{k_n^3-a_1}{4}}\right)^3x_n^3+\frac{1}{2}(k_n^3-a_1-1)x_n^2.$$

Функция (16) 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 (16) представляем в виде квадратичной формы:

$$V(x)=\frac{1}{2}(k_1^3-a_n)x_1^2+\frac{1}{2}(k_2^3-a_{n-1}-1)x_2^2+\frac{1}{2}(k_3^3-a_{n-2}-1)x_3^2+)$$
$$+,\ldots,+\frac{1}{2}(k_n^3-a_1-1)x_n^2. \quad (17)$$

Из (17) положительная определенность вектор функции Ляпунова (условия существования функции Ляпунова) задаются неравенствами:

$$\begin{cases} k_1^3-a_n>0 \\ k_2^3-a_{n-1}-1>0 \\ k_3^3-a_{n-2}-1>0 \\ \ldots\ldots\ldots \\ k_n^3-a_1-1>0 \end{cases} \quad (18)$$

Таким образом система управления (3) обеспечивает устойчивость системы при любых изменениях неопределенных параметров $k_i^3-a_{n-i+1}$, $i=1,\ldots,n$

При выполнений системы неравенств (11) существует и будет устойчивой стационарное состояния (4). Если нарушается система неравенств (11) появляется новое стационарное состояние (5) и это стационарное состояние существует и также является устойчивой при выполнении системы неравенств (18).

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 состоять в указании ограничений на изменение параметров системы управления в ограниченной области и негарантирует 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 ласточкн хвост и исследование их градиентно – скоростным методом вектор – функции Ляпунова.

Показано, что система управления обладает гарантированно широкой облатно робастной устойчивости и исключает порождение режима «неустойчивости», т.е. система управления становятся устойчивой при любых изменениях неопределенных параметров.

Список используемой литературы

1 Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана от 10 января 2018 г.

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

3 **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 Applied Sciences, Engineering and Technology. – V (12). – № 5. – P. 599–606. – 2016.

4 **Beisenbi, M., Satibaldina, D., Abdrahmanova, L.** Research og 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. – P. 140–145. – 2014.

5 **Beisenbi, M., Mukataev, N.** The second Lyapunov function method in construction of control system witj the increased potential of robust stability in the class of catastrophes «Hyperbolic umbilic» / Applied mechanics and materials. – 2015. – V. 799–00. – P. 1132–1136. – ISSN 1662–7482, 1660–9336.

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

7 **Dorato, P.** Vedevalli Recent Advances in Robust Control. – New York : IEE press, 1990.

8 **Кунцевич, В. М.** Управление в условиях неопределенности. Гарантированные 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 **Beisenbi, M., Uskenbayeva, G.** The New Approach of Design Robust Stability for Linear Control System / the Intl. Conf. on Advances in Electronics and Electrical Technology – AEET 2014. – P. 11–18. 2014.

13 **Андреев, Ю. Н.** Управление конечномерными линейными объектами. – М. : Наука, 1976. – 424 с.

References

1 Poslanie Prezidenta Respubliki Kazaxstan N. Nazarbaeva narodu Kazaxstana ot 10 yanvarya 2018 g. [Message of the President of the Republic of Kazakhstan N. Nazarbayev to the people of Kazakhstan dated January 10, 2018.].

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

3 **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 Applied Sciences, Engineering and Technology. – P. 599–606, 2016. V (12). – No. 5.

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. – P. 140–145, 2014.

5 **Beisenbi, M., Mukataev, N.** The second Lyapunov function method in construction of control system with the increased potential of robust stability in the class of catastrophes «Hyperbolic umbilic». In Applied mechanics and materials. 2015. – V. 799–800. – P. 1132–1136, ISSN 1662–7482, 1660–9336.

6 **Polyak, B. T., Shherbakov, P. S.** Robastnaya ustojchivost` i upravlenie. [Robust stability and management]. – Moscow : Nauka, 2002. – 303 p.

7 **Dorato, P.,** Vedevalli Recent Advances in Robust Control. – New York : IEE press, 1990.

8 **Kuncevich, V. M.** Upravlenie v usloviyax neopredelennosti. Garantirovanny`e rezul`taty` v zadachax upravleniya i identifikacii, [Management under uncertainty. Guaranteed results in problems of control and identification]. – 2007. – 620 p.

9 Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravleniya [Handbook of automatic control theory]. Edited by A. A. Krasovsky. – Moscow : Phys. math. lit., 1987. – 712 p.

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

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

12 **Beisenbi, M., Uskenbayeva, G.** The New Approach of Design Robust Stability for Linear Control System. In the Intl. Conf. on Advances in Electronics and Electrical Technology. – AEET, 2014. – P. 11–18. – 2014.

13 **Andreev, Yu. N.** Upravlenie konechnomerny`mi linejny`mi ob``ektami [Management of finite-dimensional linear objects]. – Moscow : Nauka, 1976. – 424 p.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

М. А. Бейсенби[1], С. О. Ахметова[2], А. А. Адилбаев[3], Г. Б. Дүйсенғали[4]

«Қарлығаштың құйрығы» апаттар классында бір кіріс және бір шығыс объектілері үшін орнықсыз процесстерді басқару

[1,2,3,4]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

M. A. Beisenbi[1], S. O. Akmetova[2], A. A. Adilbaev[3], G. B. Duisengali[4]

Control of unstable modes of objects with m inputs and with n outputs in the hove tail catastrophe class

[1,2,3,4]L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 30.09.20.

Мақалада апаттардың класында белгісіз параметрлері бар сызықтық динамикалық объектілермен робасты орнықтылықтың жоғары потенциалы бар басқару жүйелерін зерттеу және пастроения әдісі баяндалады. Бір кірумен және робасты орнықтылықтың жоғары әлеуеті бар бір шығумен басқару жүйесі белгісіз параметрлердің кез келген өзгерістері кезінде орнықтылықты қамтамасыз етеді және сәйкесінше жүйеде тұрақсыздықты кепілді түрде болдырмайды.

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

The article describes the method of pasturing and research of control systems with increased robust stability potential by linear dynamic objects with uncertain parameters in the dovetail catastrophe class. It is shown that a control system with one input and with one output with an increased potential for robust stability provides stability for any changes in the uncertain parameters and, accordingly, is guaranteed to exclude the instability mode in the system.

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

МРНТИ 44.31.31; 87.53.13

https://doi.org/10.48081/HSLO2563

С. А. Глазырин[1], Ж. А. Айдымбаева[2], А. М. Достияров[3], К. Ш. Ержанов[4], З. А. Бимурзина[5]

[1]Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Нур-Султан

[2,3]Алматинский университет энергетики и связи, Республика Казахстан, г. Алматы

[4]Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, Республика Казахстан, г. Актау

[5]АО «Астана-Энергия», Республика Казахстан, г. Нур-Султан

ПРОЕКТ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО СОКРАЩЕНИЮ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА СЕРЫ В УХОДЯЩИХ ГАЗАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ

В статье представлены результаты научно-исследовательской работы по эффективности утилизации сточных вод тепловой электростанции с целью снижения объемов выбросов оксидов серы. Результатом исследований стала разработка рабочего проекта по десульфоризации дымовых газов под руководством кандидата технических наук Глазырина С. А. «Разработка технического решения по сокращению выбросов диоксида серы в уходящих газах одного из энергетических котлоагрегатов (БКЗ-420-140) ТЭЦ-2 с разработкой проекта» в составе рабочей проектной группы ТОО «Институт проектирования и инноваций ПРиИЗ». Заказчик – АО «Астана-Энергия». В рабочем проекте разработаны следующие разделы: технологическое решение по повышению степени улавливания оксидов серы путем утилизации сточных вод в существующей схеме очистки газов, строительная часть, автоматика, силовое электрооборудование, оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), климатические условия района проведения работа, воздействие на атмосферный воздух. В настоящее время проект находится на стадии экспертизы.

Ключевые слова: снижение выбросов, сточные воды, утилизация, оксиды серы, тепловая электростанция, рабочий проект.

Введение

Схема очистки газов ТЭЦ-2 АО «Астана-Энергия» включает в себя двадцать четыре батарейных эмульгаторов второго поколения, установленные параллельно по четыре на каждом из энергетических котельных агрегатов БКЗ-420-140 (станционные номера 1–6) со степенью очистки дымовых газов от золы 99,5 %. Сопутствующим эффектом очистки газов является очистка от оксидов серы в объеме 8–10 % вследствие контакта дымовых газов с водой. Система орошения представляет собой баки и вновь вводимые трубы орошения (из стали 12Х18Н10Т), истечение из которых происходит в каждую ячейку завихрителя через отверстия диаметром 12 мм что исключает их забивание. Однако, основная доля оксидов серы выбрасывается в атмосферу.

Материалы и методы

При проведении исследовательских работ, разработке технологического решения и работ по разработке рабочего проекта использовались следующие нормативные документы:

– Экологический кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212-III (с изменениями и дополнениями по состоянию на 17.01.2014 г);

– Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования по установлению санитарно-защитной зоны производственных объектов», утвержденных постановлением Правительства РК от 17 января 2012 года за № 93;

– Инструкция по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду при разработке предплановой, плановой, предпроектной и проектной документации ль 28 июня 2007 года, утвержденной приказом Министра охраны окружающей среды РК;

– СН РК 1.02-03-2011 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство»;

– СН РК 2.04-01-2017 строительная климатология.

Результаты и обсуждение

В процессе разработки технологического решения были проведены анализы количественных и качественных составов дымовых газов, высокоминерализованных сточных вод водоподготовительной установки с баков-нейтрализаторов и щелочных продувочных сточных вод, а также рассчитан среднесуточный баланс устанавливаемого накопительного бака.

Среднесуточный баланс баков-нейтрализаторов:

– Регенерационные (щелочные + кислые) воды + отмывочные (обессоленная вода) – 301,2 тонн/сутки;

– Отмывочные воды – 202,4 тн/сутки;

– Вода после взрыхления – 70,86 тн/сутки;

Итого объем сбросных вод с баков – нейтрализаторов: 574,46 тонн в сутки или 23,94 тонн в час.

Итого средняя нагрузка накопительного бака составит: 23,94+18,19=42,13 тонн/час, максимальная нагрузка накопительного бака составит: 23,94+6*4,5=50,94 тонн/час.

Для повышения степени улавливания оксидов серы из дымовых газов предлагается использование сбросных сточных вод химводоочистки и сбросной продувочной воды после расширителей непрерывной продувки 2 ступени. При этом, будет замещаться, то есть экономиться на перекачке, 42,13 тонн осветленной воды в час, что составляет 5,07 % от общего объема потребления осветленной воды, подаваемой с золоотвала для орошения батарейных эмульгаторов.

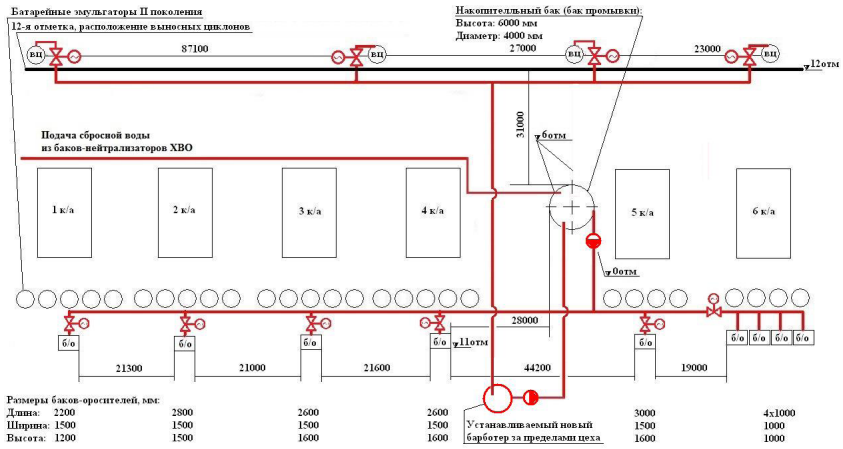


Рисунок 1 – Технологическая схема

Устанавливаются:

1 Врезка трубопровода с задвижками на каждом выносном циклоне (расширителе) непрерывной продувки 2 ступени (отметка 12+1,5 м), по которому отбирается продувочная пароводяная смесь и направляется через собирающий трубопровод в устанавливаемый за пределами цеха на улице новый барботер с рабочим давлением до 10 кгс/см^2 и с насосом последующей подачи продувочной воды в имеющийся накопительный бак (отметка

+0,2 м). Необходимо провести ревизию имеющегося бака и существующих фундаментов бака и под устанавливаемый насос, подающего сбросную воду в баки-оросители. Узел отбора продувочной воды с расширителя показан на рисунке 2.

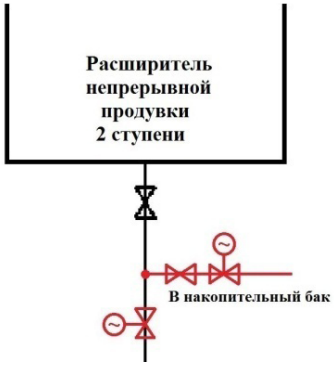


Рисунок 2 – Узел отбора продувочной воды от расширителя непрерывной продувки 2 ступени

Производительность каждого котла по продувочному пару в среднем – около 3 тонн в час, может достигать 4,5 тонны в час. Первый циклон собирает продувочный пар с первого и второго котлов, второй циклон – с третьего и четвертого котлов, третий циклон – с пятого котла, четвертый циклон – с шестого котла. Продувочная вода, собираемая с расширителей (сепараторов) непрерывной продувки 2 ступени, имеет высокую pH: около 11,5–12, поэтому все устанавливаемые трубопроводы до бака и раздающие трубопроводы после накопительного бака должны быть изготовлены из материалов, устойчивых к агрессивной щелочной среде.

Перед каждой устанавливаемой регулируемой арматурой необходимо установить запорную арматуру с ручным управлением на случай поломки электродвигателя или проблем с электропитанием.

2 В химическом цехе установлены 4 бака-нейтрализатора, в которые собираются щелочные сбросные воды с анионитных фильтров и кислые сбросные воды с катионитных фильтров. После взаимной нейтрализации сбросная вода с высоким солесодержанием из баков нейтрализации, со значением pH около 8, подается в систему гидрозолоудаления. В технологическом решении предлагается данную сбросную воду с высоким солесодержанием также подавать в накопительный бак КТЦ для последующей подачи в баки-оросители батарейных эмульгаторов. Общий трубопровод сброса данной воды в систему ГЗУ заходит в котельный цех

между 4 и 5 станционными котлами, где и планируется отбор сбросной воды для подачи ее в накопительный бак.

Узел отбора сбросной воды из трубопровода подачи с баков-нейтрализаторов в канал гидрозолоудаления представлен на рисунке 3.

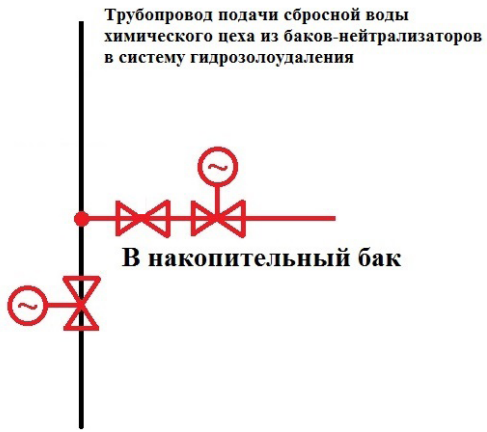


Рисунок 3 – Узел отбора сбросной воды ХВО

3 Накопительный бак высотой 6 метров и диаметром 4 метра для сбора щелочной продувочной воды из барботеров общим объемом 75 м^3. В настоящее время данный бак существует (бак промывок) и не используется в схеме более 8 лет (необходима ревизия бака и фундамента). Внутри бак должен покрываться антикоррозионным покрытием для препятствия воздействия агрессивной щелочной среды. В баке должен постоянно поддерживаться минимальный уровень сбросной воды не менее 1,5 метров для создания напора воды на всасе насоса.

Вся подаваемая вода из ХВО и с расширителей непрерывной продувки 2 ступени в том же количестве подается в баки-оросители батарейных эмульгаторов Панарина II поколения. Если какой-либо котел останавливается, то путем закрытия соответствующей задвижки автоматически отсекается от подачи бак-ороситель данного котла.

4. Химически стойкий насос для подачи щелочной продувочной воды из накопительного бака с нулевой отметки в баки-оросители на каждый котел на 12 отметку. Производительность насоса с запасом по производительности в 20 % составляет 61 м^3/час:

– по продувочной воде при работе всех шести котлов – 27 м^3/час;

– по сбросной воде химводоочистки с баков-нейтрализаторов – 23,94 м^3/час.

Необходима ревизия фундамента под насос.

5. Подающие трубопроводы на баки-оросители, с регулируемой задвижкой с электроприводом на каждый бак. Необходимо равномерно распределять подачу продувочной воды между баками (котлами). Трубопровод из бака прокладывается по нулевой отметке до оси расположения баков-оросителей и распределяется в обе стороны также по нулевой отметке. Около каждого бака-оросителя трубопровод поднимается вертикально до бака (отметка +11м). Перед баками-оросителями котла №6 устанавливается одна общая задвижка и равномерно через коллектор распределяется продувочная вода между баками. Схема трубопроводов представлена на рисунке 4.

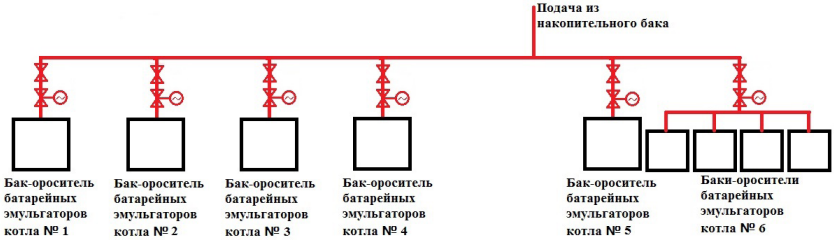


Рисунок 4 – Схема подачи воды с накопительного бака в баки-оросители

На основании разработанной технологической схемы была разработана и просчитана тепловая схема, представленная на рисунке 5.

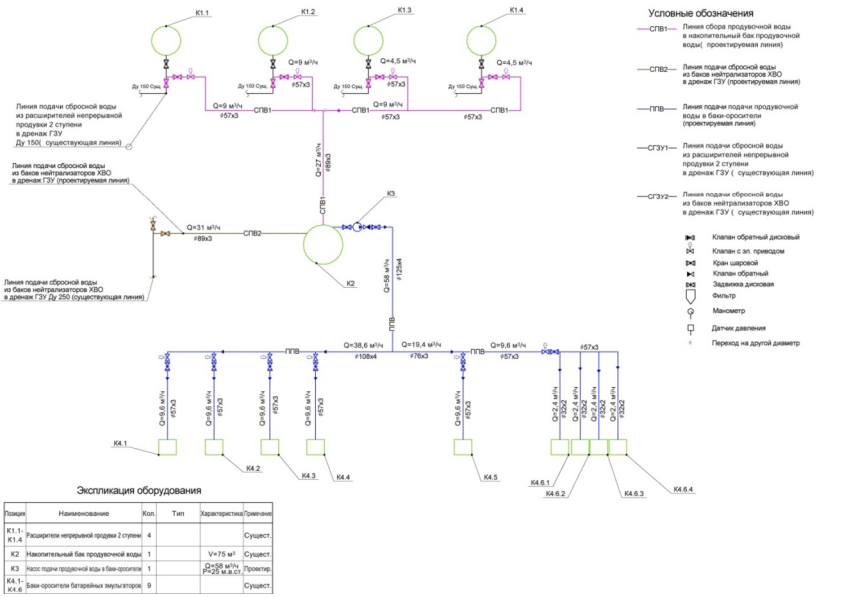


Рисунок 5 – Тепловая схема реконструкции

В строительной части проекта рассмотрены установка нового оборудования – расширитель продувки.

В разделе автоматики были разработаны следующие блокировки:

1 Первая блокировка – нижний уровень в баке-накопителе – не ниже 1 метра.

2 Дистанционное управление – закрытие задвижки перед баком-оросителем того котла, который выключен. Т.е. когда котел останавливается (выводится из работы) тогда машинист нажатием кнопки у него на отдельных щитах 1, 2, 3, 4 закрывает задвижку.

3 Для этого необходимо установить на щитах управления котлами NN 1-6 показывающие приборы (расход на баки-оросители каждого котла, указание положения задвижки – открыто или закрыто).

4 Между задвижками и баками-оросителями поставить расходомеры с передачей информации на щиты управления котлами.

5 Регулирование по уровню. При заполнении бака-накопителя и достижении уровня воды до минимальной отметки (1,5 м), происходит включение насоса. Когда уровень воды в баке-накопителе заполняется до максимальной отметки, происходит увеличения числа оборотов двигателя электропривода насоса.

Для питания устанавливаемого электрооборудования устанавливаются 5 силовых щитов, предназначенных также для размещения приборов АСУТП.

Потребителями электроэнергии являются:

– клапана с электроприводом;

– насос химически стойкий;

– средства автоматизации.

В разделе «Оценка воздействия на окружающую среду» содержатся решения по охране атмосферного воздуха: снижению объемов выбросов оксидов серы основным оборудованием ТЭЦ-2 АО «Астана-Энергия» (котельных агрегатов БКЗ-420-140 станционные номера № 1–6) в период эксплуатации с использованием сбросной продувочной воды котлов и сбросной воды ионитных фильтров с баков-нейтрализаторов химического цеха, а также оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха вредными выбросами от источников на период эксплуатации объекта, приведены основные характеристики природных условий района проведения работ, установлены нормы предельно допустимых выбросов (ПДВ), содержатся решения по охране природной среды от загрязнения, в том числе:

– охране атмосферного воздуха

– охране поверхностных и подземных вод

– охране почв, утилизации отходов.

Выводы

В результате проведены исследований разработан рабочий проект по снижению объемов оксидов серы путем утилизации сточных вод на ТЭЦ-2 АО «Астана-Энергия». Степень очистки газов от оксидов серы увеличилась с 10 % до 48 %. Рабочий проект в настоящее время проходит экспертизу.

Список использованных источников

1 **Глазырин, С. А., Глазырин, А. И., Глазырин, А. А., Айдымбаева, Ж. А., Лавриненко, С. В., Зорин, А. Ю.** Рабочий проект «Разработка технического решения по сокращению выбросов диоксида серы в уходящих газах одного из энергетических котлоагрегатов (БКЗ-420–140) ТЭЦ-2 с разработкой проекта». – Петропавловск : ТОО «Институт проектирования и инноваций ПРиИЗ», 2018.

2 **Покровский, В. И., Аракчеев, В. П.** Очистка сточных вод тепловых электростанций. – М. : Энергия, 1980. – 256 с.

3 **Калверт, С. и др.** Защита атмосферы от промышленных загрязнений. – М. : Металлургия, 1988. – Т. 1. – 760 с. – Т. 2. – 712 с.

4 **Никитин, Д. П., Новиков, Ю. В.** Окружающая среда и человек. – М. : Высшая школа, 1986. – 415 с.

5 Закон Республики Казахстан «Об охране окружающей природной среды».

6 Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений, СНиП РК А.2.2-1-2001.

7 Строительная климатология и геофизика, СП 131.13330.2018.

8 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86. Гидрометеоиздат, 1987 г.

9 Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС, РД 34.02.305-98. – М., 1988.

10 Отраслевая инструкция по нормированию вредных выбросов в атмосферу для ТЭЦ и котельных, РД 34.02.303-91. – Свердловск – Уралтехэнерго, 1990.

11 Об утверждении Гигиенических нормативов к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах. Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 168. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 13 мая 2015 года № 11036.

12 Методика определения удельных выбросов вредных веществ в атмосферу и ущерба от вида используемого топлива РК, РНД 211.3.02.01-97. – Алматы, 1997.

13 **Рихтер, Л. А., Волков, Э. П., Покровский, В. Н.** Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций. – М., 1981. – 291 с.

14 **Дукенбаев, К.** – Энергетика Казахстана. Технический аспект. – Алматы, 2001.

References

1 **Glazyrin S. A., Glazyrin A. I., Glazyrin A. A., Aydymbaeva Zh. A., Lavrinenko S. V., Zorin A. Yu.** Rabochij proekt «Razrabotka texnicheskogo resheniya po sokrasheniyu vy’brosov dioksida sery’ v uxodyashhix gazax odnogo iz e’nergeticheskix kotloagregatov (BKZ-420-140) TE’CZ-2 s razrabotkoj proekta» [Detailed design «Development of a technical solution to reduce sulfur dioxide emissions in the exhaust gases of one of the power boiler units (BKZ-420-140) of CHP-2 with the development of the project»]. – Petropavlovsk : TOO «Institut proektirovaniya i innovascij PRiIZ», 2018.

2 **Pokrovskij, V. I., Arakcheev, V. P.** Ochistka stochny'h vod teplovy'h e'lektrostancij [Wastewater treatment of thermal power plants]. – Moscow : E'nergiya, 1980. – 256 p.

3 **Kalвert, S. i dr.** Защита атмосферы от промышленных загрязнений. [S. Calvert et al. Protection of the atmosphere from industrial pollution.] – Moscow : Metallurgiya, 1988. – T. 1. – 760 p.; T. 2. – 712 s.

4 **Nikitin, D. P., Novikov, Yu. V.** Окruzhayushhaya sreda i chelovek [Environment and people]. – Moscow : Vy'sshaya shkola, 1986. – 415 p.

5 Zakon Respubliki Kazahstan «Ob ohrane okruzhayushhej prirodnoj sred y'» [The Law of the Republic of Kazakhstan «On environmental protection»].

6 Instrukciya o poryadke razrabotki, soglosovaniya, utverzhdeniya i sostave proektno-smetnoi dokumentacii' na stroitel'stvo predpriyatii', zdanii' i sooruzhenii' [Instructions on the procedure for the development, coordination, approval and composition of design and estimate documentation for the construction of enterprises, buildings and structures]. SNiP RK A.2.2-1-2001.

7 Stroitel'naya klimatologiya i geofizika [Construction climatology and geophysics]. SP 131.13330.2018.

8 Metodika raschyota koncentracii' v atmosfernom vozduhe vredny'h veshhestv, soderzhashhihsya v vy'brosah predpriyatii' [Methodology for calculating the concentration of harmful substances in the atmospheric air contained in the emissions of enterprises]. OND-86. – Gidrometeoizdat, 1987.

9 Metodika opredeleniya valovih vibrosov zagryaznyayushhih veshhestv v atmosferu ot kotel'ny'h ustanovok TE'S [Methodology for determining gross emissions of pollutants into the atmosphere from boiler plants of TPPs] RD 34.02.305-98. – Moscow : 1988 g.

10 Otraslevaya instrukciya po normirovaniyu vredny'h vy'brosov v atmosferu dlya TE'C i kotel'ny'h, [Industry instruction on the regulation of harmful emissions into the atmosphere for CHP and boiler houses] RD 34.02.303-91. – Sverdlovsk : Uraltehenergo, 1990.

11 Ob utverzhdenii' Gigienicheskih normativov c atmosfernomu vozduhu v gorodskih i sel'skih naselyonny'h punktah. [On the approval of Hygienic standards for atmospheric air in urban and rural areas.] Prikaz Ministra nacional'noi e'konomiki Respubliki Kazahstan ot 28 fevralya 2015 goda № 168. Zaregistrirovan v Ministerstve yusticii' Respubliki Kazahstan 13 maya 2015 goda № 11036

12 Metodika opredeleniya udel'ny'h vy'brosov vredny'h veshhestv v atmosferu i ushherba ot vida ispol'zuemogo topliva RK [Methodology for determining specific emissions of harmful substances into the atmosphere and damage from the type of fuel used in the Republic of Kazakhstan] RND 211.3.02.01-97. – Almaty, 1997.

13 **Rihter, L. A., Volkov, E'. P., Pokrovskii', V. N.** Ohrana vodnogo I vozdushnogo basseinov ot vibrosov teplovy'h e'lektrostancii' [Protection of water and air basins from emissions from thermal power plants]. – Moscow : 1981. – 291 p.

14 **Dukenbaev, K.** – E'nergetika Kazahstana [Energy of Kazakhstan] – Almaty : Tehnicheskii' aspekt, 2001.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

С. А. Глазырин[1], Ж. А. Айдымбаева[2], А. М. Достияров[3], К. Ш. Ержанов[4], З. А. Бимурзина[5]

ЖЭО-да қоқыс шығаратын судың таралуы арқылы күкіртті оксидтердің эмиссиясын азайту

[1]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КЕАҚ,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[2,3]Алматы энергетика және байланыс университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ. ;
[4]Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар
және инжиниринг университеті,
Қазақстан Республикасы, Ақтау қ.;
[5]АҚ «Астана-Энергия»,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

S. A. Glazyrin[1], Z. A. Aidymbayeva[2], A. M. Dostiyarov[3], K. S. Erzhanov[4], Z. A. Bimurzina[5]

Reduction of sulfur oxides emissions at tpp by waste water disposal

[1]Eurasian National University named after L.N Gumilyov,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[2,3]Almaty University of Power Engineering and Telecommunications,
Republic of Kazakhstan, Almaty;
[4]Caspian State University of Technology and Engineering
named after Sh. Yessenov,
Republic of Kazakhstan, Aktau;
[5]JSC «Astana-Energy»,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 30.09.20.

Мақалада күкірт оксиді шығарындыларын азайту үшін жылу электр станциясының сарқынды суларды пайдалану тиімділігі

туралы ғылыми зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Зерттеудің нәтижесі – т.ғ.к. С. А. Глазыриннің жетекшілігімен түтін газын газсыздандыру бойынша жұмыс жобасын жасау. «ПРИИЗ» ЖШС Жобалау және инновациялар институтының жұмыс жобалау тобының құрамына кіретін «ЖЭО-2-нің жылу қазандықтарының бірінің (BKZ-420-140) түтін газдарындағы күкірт диоксиді шығарылуын азайтудың техникалық шешімін әзірлеу». Тапсырыс беруші – «Астана-Энергия» АҚ. Жұмыс жобасында келесі бөлімдер әзірленді: қолданыстағы газды тазарту схемасында ағынды суларды пайдалану арқылы күкірт оксидінің түсу дәрежесін жоғарылатуға арналған технологиялық шешім, құрылыс бөлігі, автоматика, электр жабдықтары, қоршаған ортаға әсерді бағалау (ҚОӘБ), жұмыс аймағының климаттық жағдайы, әсер ету. атмосфералық ауа. Қазіргі уақытта жоба сараптамадан өтуде.

Кілтті сөздер: шығарындыны төмендету, ағын сулар, жою, күкірт оксиді, жылу электростанция, жұмыс жобасы.

The article presents the results of scientific research on the efficiency of wastewater utilization of a thermal power plant to reduce sulfur oxide emissions. The result of the research was the development of a working draft for flue gas desulfurization under the direction of S. A. Glazyrin, candidate of technical sciences «Development of a technical solution to reduce sulfur dioxide emissions in the flue gases of one of the power boilers (BKZ-420-140) of CHPP-2 with project development» as part of the working design group of the Institute for Design and Innovation of PRiIZ LLP. Customer – Astana-Energy JSC. The following sections have been developed in the working draft: a technological solution to increase the degree of sulfur oxides capture by utilizing wastewater in the existing gas purification scheme, the construction part, automation, power electrical equipment, environmental impact assessment (EIA), climatic conditions of the work area, impact on atmospheric air. The project is currently under examination.

Keywords: waste reduce, sewage waters, utilization, sulfur dioxide, thermal power plant, working design.

SRSTI 50.41.21

https://doi.org/10.48081/AQBY3283

A. O. Dauitbayeva, E. N. Tulegenova, S. Omir, M. Kozhan
Korkyt Ata Kyzylorda University,
Republic of Kazakhstan, Kyzylorda

CONCEPT OF PROTECTED NETWORKS CREATION

Nowadays, it is important for users to know how to contact a corporate information system. There is a need for broadband connection, whether it's fixed line or Wi-Fi, as it's not rare for users to work on the road. At the moment, virtual technologies are widely popular, they have a high place in modern companies. Because they allow the voice server to communicate to one workplace. It does not require staff always to keep up-to-date with the Service, and there's no need to be there, so use remote access. Many institutions have been fixed or fixed through a mobile connection that ensures optimal connection of mobile workers through the terminal. They work with voice data transmission services. It ensures that employees are always in touch.

Keyword: Virtual Private Network (VPN), ATC Centrex (Central Exchange), Cisco, DES (Data Encryption Standard).

Introduction

In modern conditions of advanced information systems, the advantage of virtual private networks can not be overestimated. But before you can highlight the most obvious, useful ways to create virtual private networks, you need to understand its own point of view.

Nowadays, it is important for users to know how to contact a corporate information system. There is a need for broadband connection, whether it's fixed line or Wi-Fi, as it's not rare for users to work on the road. At the moment, virtual technologies are widely popular, they have a high place in modern companies. Because they allow the voice server to communicate to one workplace. It does not require staff always to keep up-to-date with the Service, and there's no need to be there, so use remote access. Many institutions have been fixed or fixed through a mobile connection that ensures optimal connection of mobile workers through the terminal. They work with voice data transmission services. It ensures that employees are always in touch. When there is a remote connection, there is a question about the user's ability and autentification. It is especially important

to focus on the issue of switching from one to the other on a public network, especially when it comes to virtual private network or virtual private network – the sharing of data to a public user network through a virtual private LAN connection. In this context, the Internet or other intra network may be delivered through a public user network.

Several years ago, we could not imagine how life style and work would change. In many institutions, the work of an additional or distant worker is used. They work at desktop computers as well as use an internet cafe or a common area with a wireless network [1].

Computers, networks, the Internet have become an integral part of our everyday life. Our rapidly developing world of technology is dependent on computer technologies and networks everyday. However, this dependence did not occur immediately. It is not surprising that every year, the financing of computer technology is increasing and therefore, these technologies are practically all human activities.

Many networks are currently connected to the Internet. Therefore, it is necessary to take specific measures for the security of such a large system, since any computer can access the network of any institution, and there is no risk of physical damage to the computer.

One of the pressing issues in the use and creation of distributed information systems and networks, due to the wide application of the Internet, is the solution of the problem of information security.

Due to the rapid development of networks with collective capacities in the world, there was a qualitative leap in the distribution and availability of information. The users have access to cheap and affordable communication channels.

Striving to save money, the enterprise uses such channels to provide critical commercial information. However, on the principle of creation, the Internet has allowed the wicked to steal information. It does not provide reliable local protection from the penetration of the criminals in corporate and branch networks.

Whether it is industrial, commercial, financial, or government-owned, its affiliates are involved in providing and protecting information. Any firm can not have its own access channel, where VPN technology helps, on the basis of which all units and branches are integrated, which ensures more flexibility and high security at the same time and saves costs.

Object of research: Virtual Private Network

Subject of the study: concept of protected networks creation

Purpose: The purpose of a VPN is to have a clean connection to network resources, where the user will usually do what he / she does, regardless of whether he / she is removed.

VPN, or Virtual Private Network, a virtual private network is a cryptic system that provides protection in the transmission of data over an unprotected network such as the Internet. This description is different, regardless of SSH and VPN crypto systems. SSH is designed as a tool that allows the user to access secure and remote computers remotely. For this reason, VPN has become popular among distant employees and offices that need to support resources together on regional networks.

Notwithstanding the use of the software, all VPNs operate on the following tasks:

• Each of the knots identifies each other before creating a trap. It sends the encrypted data to the required node.

• Both nodes indicate a tailored policy that specifies which protocols can be used to secure and encrypt data.

• Compares the coordinated policy of algorithms of nodes; if it does not, then the tunnel will not be installed.

• Upon reaching an agreement on algorithms, the key is created to encrypt, re-encrypt the data in a symmetric algorithm.

Research methods and results. A secure virtual network can offer many levels of security, including privacy, integrity, and authentication. Because VPN uses a network infrastructure, it can be implemented immediately, as there is no need to connect new communications networks.

Main part

Virtual Private Network (VPN) is a networked Internet-enabled network. If communication through the Internet has its own disadvantages, the key is to ensure that traffic over the Internet is transmitted over a local area network, whereas the most important is deficiency of protection or privacy capability. At the same time, virtual networks provide much more cost savings compared to private networks on a global scale [2].

The concept of creating VPN-protected virtual private networks is a simple idea: if there are two nodes in the global network, then it is necessary to create a virtual tunnel to ensure the integrity and privacy of the information transmitted through open channels, which will be complicated by all possible active and inactive external controls. The term «virtual» is not interconnected between the two nodes of the network, and only the traffic over the network is available.

The advantage of the company in creating such virtual tunnels is that it saves more financial instruments.

The main benefit for remote VPN access is the sum of the most affordable network environment for using personal information and high security levels. A secure virtual network can offer many levels of security, including privacy, integrity, and authentication. Because VPN uses a network infrastructure, it can

be implemented immediately, as there is no need to connect new communications networks. From a security kit price point of view, VPN can consider commercial communication as a solution.

These components fulfill the requirements for safety, productivity and interoperability. The correct implementation of VPN architecture depends on the correct execution of the requirements. The definition of the claims should include the following aspects:

VPN server

The VPN server is a computer running the VPN connection terminal (Figure 1).

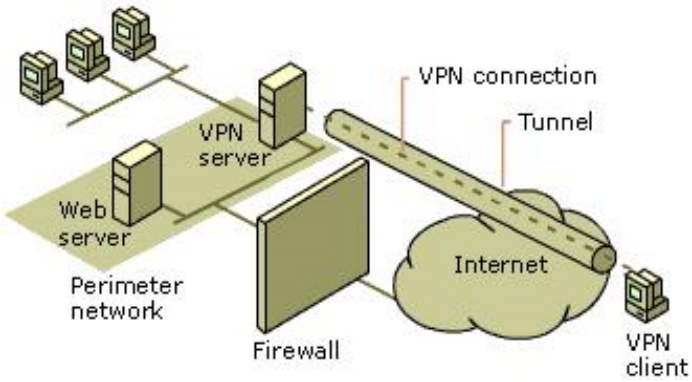


Figure 1 – Configuration of VPN server

This server must have a sufficiently descriptive description of the expected load support. Most VPN software vendors have to submit a proposal based on the number of VPN-enabled connections that run simultaneously on processor performance and memory configuration. It is necessary to have a system with corresponding parameters, but also to make it possible to further modernize it.

Encryption algorithms.

The encryption algorithm used in the VPN encryption algorithm should be the standard power algorithm of encryption. The following question arises: What is the best encryption system? All standard and powerful algorithms can be used effectively in the creation of VPNs. Different manufacturers use different algorithms depending on the distribution range of the product, its licensing aspects and its programming basics. Having received a VPN software package, you need to listen to the specialists' suggestions and make sure that the manufacturer uses a powerful encryption algorithm.

Authentication system.

The third component of VPN architecture is the authentication system. The VPN authentication system must be two-factor. Users will be able to pass the authentication by using the data themselves and who they are. When using VPN benefits, the first two options are selected.

VPN protocol.

VPN determines how VPN interacts with other Internet systems, as well as traffic protection levels. If the institution concerned only uses VPN for internal information exchange, then the request for interoperability is ignored. If your organization uses VPN to communicate with other entities, it is unlikely that its protocols will be used. VPN protects the system's overall security level. This is because the VPN protocol is used to replace the encryption key between the two end nodes. If this replacement is unprotected, the malicious keys can be encrypted by removing all the benefits of VPN.

VPN encryption methods

Because virtual private networks are publicly accessible through the network, they must be protected from external sources. There are many VPN-protected protocols to protect the information you provide, but not all of them work in pairs and do not work in pairs:

Protocols for encapsulating data and generating VPN communications;

Encryption protocols in the built-in tunnel.

The first type of protocol sets a link to the threat, and the second type is directly responsible for data encryption. Let's take a look at world leaders who have recognized the whole world in the creation of some simple, operational homes.

Virtual private networks have several advantages over traditional networks. They are economical, flexible, and easy to use.

Cost savings. Even though VPN-networks have been partially disassembled for businesses, it has also been possible to limit the number of modems, access servers, communicative communications and other technical facilities. They were forced to add them to the company for their long-term benefits. In addition, virtual private networks allow users who use remote access to communicate over local telephone connections rather than on expensive network connections to the company's network resources.

Especially virtual private networks are profitable if the users are at a very remote distance, so wired connections are very expensive and at the same time, if there are so many users, then they need more wired connections. However, these privileges can be avoided. If the volume of traffic on the VPN-network is too high, the system will not be able to encrypt it will cause this situation. In order to avoid such sites, the enterprise needs additional installations.

In addition, due to the novelty of VPN technology and the complexity of the security tools used, the system administrator is more expensive than the traditional one for the virtual system[3].

Virtual Private Network (VPN – Virtual Private Network) is a networked Internet-enabled network. If communication through the Internet has its own disadvantages, the key is to ensure that traffic over the Internet is transmitted over a local area network, whereas the most important is deficiency of protection or privacy capability. At the same time, virtual networks provide much more cost savings compared to private networks on a global scale.

The concept of creating VPN-protected virtual private networks is a simple idea: if there are two nodes in the global network, then it is necessary to create a virtual tunnel to ensure the integrity and privacy of the information transmitted through open channels, which will be complicated by all possible active and inactive external controls . The term «virtual» is not interconnected between the two nodes of the network, and only the traffic over the network is available.

The advantage of the company in creating such virtual tandels is that it saves a much smaller financial instrument.

The main benefit for remote VPN access is the sum of the most affordable network environment for using personal information and high security levels. A secure virtual network can offer many levels of security, including privacy, integrity, and authentication. Because VPN uses a network infrastructure, it can be implemented immediately, as there is no need to connect new communications networks. From a security kit price point of view, VPN can consider commercial communication as a solution.

Conclusion

VPNs and wireless technologies are not competing, they complement each other. VPN works on distributed users in general, which provides privacy as channel protocols (Layer Two Tunneling Protocol – L2TP) at the channel level, taking into account security precautions. By encrypting the data, the encryption protocol decrypts the receiver to prevent unauthorized access. Additional security only encrypts data itself, as well as the recipient's recipient's network address. The wireless local area network can be compared to a common user-defined network.

VPN is responsible for three terms: privacy, integrity, and availability. No VPN can be stable on DoS– or DDoS-attacks, and can not guarantee the physical capability.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Беделл, Пол Сети.** Беспроводные технологии / пол беделл. – М. : нт пресс, 2016. – 448 с.

2 **Николай Колдовский.** Построение безопасных сетей на основе VPN. – М. : ИНФРА-М, 2011.

3 **Андреа, Голдсмит.** Беспроводные коммуникации / Голдсмит Андреа. – М. : Техносфера, 2011. – 521 с.

4 **Мерритт, М.** Безопасность беспроводных сетей / М. Мерритт. – М. : Книга по Требованию, 2016. – 282 С.

References

1 **Bedell, Paul Seti.** Besprovodnye tehnologii [Wireless technology] / Paul Bedell. – Moscow : NT Press, 2016. – 448 p.

2 **Nikolai Koldovsky.** Postroenıe bezopasnyh setei na osnove VPN [Building secure VPN-based networks]. – Moscow : Infra–M, 2011.

3 **Andrea, Goldsmith.** Besprovodnye kommýnıkatsıı [Wireless communications] / Goldsmıt Andrea. – Moscow : Tehnosfera, 2011. – 521 c.

4 **Merrıtt, M.** Bezopasnost besprovodnyh setei [Merritt, M. Security for wireless networks] In M. Merritt (eds.). – Moscow : Knıga po Trebovanııý, 2016. – 282 p.

Материал 30.09.20 баспаға түсті.

А. О. Даутбаева[1], Е. Н. Тулегенова[2], С. Омир[3], М. Кожан[4]

Концепция создания защищенных сетей

[1,2,3,4]Кызылординский университет имени Коркыт Ата,
Республика Казахстан, г. Кызылорда.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

A. O. Dauitbayeva[1], E. N. Tulegenova[2], S. Omir[3], M. Kozhan[4]

Concept of protected networks creation

[1,2,3,4]Korkyt Ata Kyzylorda University,
Republic of Kazakhstan, Kyzylorda.

Material received on 30.09.20.

В настоящее время пользователям важно знать, как связаться с корпоративной информационной системой. Существует потребность в широкополосном соединении, будь то фиксированная линия или Wi-Fi, поскольку пользователи нередко работают в дороге. На данный момент виртуальные технологии широко популярны, они занимают высокое место в современных компаниях. Потому что они позволяют голосовому серверу связываться с одним рабочим

местом. Это не требует, чтобы персонал всегда был в курсе обслуживания, и нет никакой необходимости быть там, поэтому используйте удаленный доступ. Многие учреждения были закреплены через мобильную связь, что обеспечивает оптимальное подключение мобильных работников через терминал. Они работают со службами передачи голосовых данных. Это гарантирует, что сотрудники всегда на связи.

Ключевое слово: виртуальная частная сеть (VPN), ATC Centrex (Central Exchange), Cisco, DES (стандарт шифрования данных).

Nowadays, it is important for users to know how to contact a corporate information system. There is a need for broadband connection, whether it's fixed line or Wi-Fi, as it's not rare for users to work on the road. At the moment, virtual technologies are widely popular, they have a high place in modern companies. Because they allow the voice server to communicate to one workplace. It does not require staff always to keep up-to-date with the Service, and there's no need to be there, so use remote access. Many institutions have been fixed through a mobile connection that ensures optimal connection of mobile workers through the terminal. They work with voice data transmission services. It ensures that employees are always in touch.

Keyword: Virtual Private Network (VPN), ATC Centrex (Central Exchange), Cisco, DES (Data Encryption Standard).

МРНТИ 61.51.15., 82.29.09

https://doi.org/10.48081/JDKA1623

Р. М. Дюсова[1], Г. Ж. Сейтенова[2], Н. М. Онбаев[3], Г. Р. Бурумбаева[4]

[1,2,3]Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;
[4]ТОО «ПНХЗ»,
Республика Казахстан, г. Павлодар

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Каталитический риформинг – основной процесс в цепочке нефтеперерабатывающего завода. С его помощью получают ценные нефтепродукты: ароматические углеводороды и водородсодержащий газ. Увеличение глубины переработки и селективности процесса является приоритетной задачей для топливной промышленности Казахстана.

Метод математического моделирования является самым рентабельным с точки зрения экономических затрат и эффективности.

Приведен обзор программы математического моделирования с целью повышения эффективности установки процесса каталитического риформинга в Казахстане.

Математическое моделирование позволяет исследовать режим проведения риформинга на промышленной установке и принимать решения технологического типа для поддержания работы установки в оптимальном режиме. Математическая модель может быть использована для всех риформинговых установок любой производительности, таблетированных или имеющих неподвижный, или движущийся слой шариковых катализаторов.

Основными показателями эффективности являются октановое число риформата, технологический режим, выход целевых продуктов. Установлено, что использование метода математического моделирования позволяет выбрать оптимальные технологические параметры для достижения требуемого октанового числа

риформата, а также оптимизировать работу установки каталитического риформинга, увеличить выход целевых продуктов, спрогнозировать эфективный оптимальный режим для получения продуктов требуемого качества. Данный метод применим для всех этапов нефтепереработки.

Ключевые слова: риформинг, математическое моделирование, октановое число, переработка, легкие бензиновые фракции.

Введение

Процесс каталитического риформинга для большинства нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) Казахстана – базовый процесс производства высокооктановых компонентов автомобильных бензинов и ароматических углеводородов. В настоящий момент это наиболее дешевый и традиционный способ облагораживания прямогонной бензиновой фракции 85–180 °С. Кроме того, для многих нефтеперерабатывающих заводов это единственный способ производства водорода, которого при постоянном росте мощностей по гидрообессериванию бензинов и дизельных топлив требуется все больше и больше. Основными реакциями риформинга являются: дегидрогенизация шестичленных нафтенов, дегидроизомеризация пятичленных нафтенов, дегидроциклизация парафинов, гидрокрекинг парафинов.

В Республике Казахстан есть 3 установки каталитического риформинга. Процесс проводится в реакторах с непрерывной регенерацией и блоком извлечения бензола, по технологии CCR. Процесс риформинга с непрерывной регенерацией катализатора реализуется при более высокой температуре и низком давлении и позволяет получать продукт с октановым числом до 108 пунктов и высоким выходом жидких углеводородов на сырье.

Риформинг предназначен для получения высокооктанового компонента товарных автомобильных бензинов из бензиновых фракций с низким октановым числом за счет их ароматизации, а также сырья для получения индивидуальных ароматических углеводородов – бензола, толуола, ксилолов. Сырьем процесса являются прямогонные бензины, получаемые на установках первичной переработки нефти, а также бензины вторичных процессов – коксования и термического крекинга и бензины гидрокрекинга. Процесс проводят при температурах 470–520 °С на платинорениевом катализаторе и при температурах 480–530 °С на платиновом катализаторе [1].

Материалы и методы: процесс каталитического риформинга бензинов является сложным многокомпонентным промышленным процессом и существует необходимость создания универсальной математической модели, позволяющей контролировать процесс в реакторах различного типа, анализировать процесс для различного состава сырья и катализаторов.

Для того, чтобы избежать трудностей, связанных с присутствием в реакционной смеси большого числа реагентов и промежуточных соединений, компоненты смеси объединяются в группы, так называемые псевдокомпоненты. Число выбранных псевдокомпонентов в реакционной смеси является определяющим фактором в создании модели процесса и обычно составляет 69 компонентов [2].

Чем выше число псевдокомпонентов, тем выше точность модели, но одновременно происходит усложнение математического описания. Для построения модели процесса каталитического риформинга обычно используется кинетика Аррениуса и Лэнгмюра–Хиншельвуда.

Использование кинетического подхода позволяет сформировать принцип превращения углеводородов процесса, оценить активность и долговечность работы катализатора [3].

Как и в реальном технологическом процессе в модели учитывается и биметаллическая сущность катализаторов, и многокомпонентность состава сырья (более 180 компонентов). В общем виде математическое моделирование химических процессов и реакторов можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 1 [4].

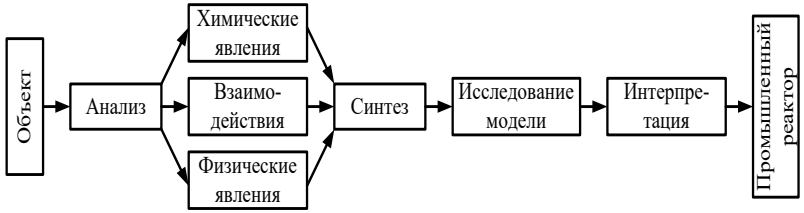


Рисунок 1 – Схема математического моделирования химических процессов и реакторов

Основными исходными параметрами для расчета в программе являются данные покомпонентного состава сырья и катализата (хроматограммы сырья и катализата), температура и давление по реакторам, состав ВСГ, расход сырья и ВСГ, влажность сырья и содержание серы [5]. Примером таких программ является программа, разработанная на кафедре «Химической технологии топлива и химической кибернетики» Томского политехнического университета совместно с кафедрой «Механика и нефтегазовое дело» Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Программа позволяет проводить прогнозирование работы установки для получения риформата с заданными октановыми характеристиками, мониторинг процесса риформинга, учитывать дезактивацию катализатора,

выдавать рекомендации по ведению технологического режима. На рисунке 2 показано рабочее пространство программы.

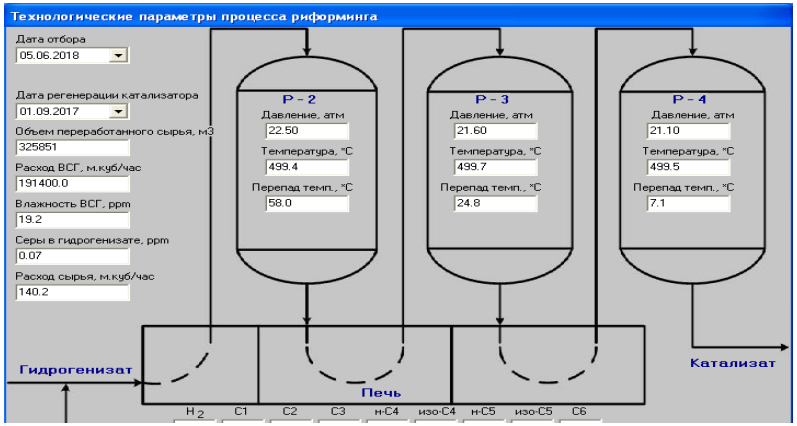


Рисунок 2 – Программа математического моделирования

Результаты и обсуждение: Компьютерное моделирование химико-технологических систем к настоящему времени полностью доказало свою актуальность и перспективность. С его помощью удается повысить качество управления химико-технологическими системами и эффективность работы технологической системы, добиться значительного сокращения сроков проектирования. На данный момент программы подобного характера не используются в Казахстане. Интеллектуальные системы на основе математического моделирования могут исправить эту ситуацию.

Информация о финансировании: Статья опубликована в рамках грантового финансирования по научно-техническому проекту AP05131846 «Повышение ресурсоэффективности технологий производства высокооктановых бензинов, дизельного топлива и жирных газов на установках каталитического крекинга, риформинга и изомеризации».

Выводы: В результате введения подобных программ в нефтеперерабатывающую промышленность Казахстана будет достигнуто: оптимизация технологических процессов, повышение их ресурсоэффективности, позволяет снизить затраты на реализацию технологического режима. Новые информационные технологии, сочетающие метод математического моделирования и искусственный интеллект, превращают компьютер в важный инструмент для непрограммирующего пользователя при решении трудных технологических задач. Что весьма кстати к нынешней эпохе цифровизации в Казахстане.

Список использованных источников

1 **Сейтенова, Г. Ж.** Основы нефтепереработки : учебное пособие. – Павлодар : Кереку, 2014. – 118–119 с.

2 **Chuzlov, V. A., Dolganov, I. M., Dolganova, I. O., Seitenova, G. Z., Dusova, R. M.** Increase in resource efficiency of motor gasoline production with the help of mathematical models // Petroleum and Coal., 2019. – 61(1). – P. 58–63.

3 **Chuzlov, V. A., Nazarova, G. Y., Dolganov, I. M., Dolganova, I. O., Seitenova, G. Z.** Calculation of the optimal blending component ratio by using mathematical modeling method // Petroleum Science and Technology. – 2019. – 37(10). – P. 1170–1175.

4 **Dolganov, I. M., Ivanchina, E. D., Dolganova, I. O., Solopova, A., Seitenova, G. Z.** Application of compounding process mathematical model for gasoline quality improving // Petroleum and Coal. – 2016. – 58(6). – P. 635–639.

5 **Ivanchina, E. D., Chuzlov, V. A., Ivanchin, N. R., Seitenova, G. Z., Dusova, R. M.** Mathematical modeling of the process catalytic isomerization of light naphta // Petroleum and Coal. – 2019. – 61(2). – P. 413–417.

6 **Костенко А. В., Кравцов А. В., Иванчина Э. Д., Ивашкина Е. Н.** Оптимизация внутренних устройств реакторов риформинга с использованием нестационарной кинетической модели // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2007. – № 1.– С. 18–22.

7 **Gyngazova M. S., Kravtsov A. V., Ivanchina E. D., Korolenko M. V., Uvarkina D. D.** Kinetic Model of the Catalytic Reforming of Gasolines in Moving-Bed Reactors // Catalysis in Industry. – 2010. – Vol. 2. – № 4. – P. 374–380.

8 **Zhapbasbayev, U. K., Rakhmetova, K. B.** A new method for simulating of reforming process in industrial reactors // Chemreactor-19. – P. 328–329;

9 **Двинин, В. А.** Возможные сценарии модернизации НПЗ с получением высококачественных топлив // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2007. – № 3. – С. 12–22.

10 **G. J. Antos, A. M. Aitani, J. M. Parera.** Catalytic Naphtha Reforming : Science and Technology. – New York : Marcel Dekker, 1995. – 516 p.

11 **Behroozi, A., Beitari, H., Ghorbanipoor, M., Nasrabadi, A. M.** Увеличение производства бензина // Нефтегазовые технологии. – 2008. – № 12. – С. 79–82;

12 **Ахметов, С. А., Ишмияров, М. Х., Веревкин, А. П., Докучаев, Е. С., Малышев, Ю. М.** Технология, экономика и оптимизация процессов переработки нефти и газа. / Под ред. Ахметова С. А. – М. : Химия, 2005. – 736 с.

References

1 **Seitenova, G. Zh.** Osnovy` neftepererabotki : uchebnoe posobie. [Fundamentals of oil refining: a textbook]. – Pavlodar : Kereku, 2014. – 118–119 p.

2 **Chuzlov, V. A., Dolganov, I. M., Dolganova, I. O., Seitenova, G. Z., Dusova, R. M.** [Increase in resource efficiency of motor gasoline production with the help of mathematical models]. In Petroleum and Coal. – 2019. – 61(1). – P. 58–63.

3 **Chuzlov, V. A., Nazarova, G. Y., Dolganov, I. M., Dolganova, I. O., Seitenova, G. Z.** Calculation of the optimal blending component ratio by using mathematical modeling method In Petroleum Science and Technology. – 2019. – 37(10). – P. 1170–1175.

4 **Dolganov, I. M., Ivanchina, E. D., Dolganova, I. O., Solopova, A., Seitenova, G. Z.** Application of compounding process mathematical model for gasoline quality improving, In Petroleum and Coal. – 20167 – 58(6)7 – P. 635–639.

5 **Ivanchina, E. D., Chuzlov, V. A., Ivanchin, N. R., Seitenova, G. Z., Dusova, R. M.** Mathematical modeling of the process catalytic isomerization of light naphta. In Petroleum and Coal. – 2019. – 61(2). – P. 413–417.

6 **Kostenko A. V., Kravczov A. V., Ivanchina E`. D., Ivashkina E. N.** Optimizaciya vnutrennix ustrojstv reaktorov riforminga s ispol`zovaniem nestacionarnoj kineticheskoj modeli [Optimization of internal devices of reforming reactors using a non-stationary kinetic model] Neftepererabotka i neftexim iya. [In Oil Refining and petrochemistry]. – 2007. – No. 1. – P. 18–22;.

7 **Gyngazova M. S., Kravtsov A. V., Ivanchina E. D., Korolenko M. V., Uvarkina D. D.** Kinetic Model of the Catalytic Reforming of Gasolines in Moving-Bed Reactors. In Catalysis in Industry. – 2010. – Vol. 2. – №. 4. – P. 374–380.

8 **Zhapbasbayev, U. K., Rakhmetova, K. B.** A new method for simulating of reforming process in industrial reactors. In Chemreactor-19 – P. 328–329.

9 **Dvinin, V. A.** Vozmozhny`e scenarii modernizacii NPZ s polucheniem vy`sokokachestvenny`x topliv. [Possible scenarios for upgrading refineries to produce high-quality fuels]. Neftepererabotka i neftexim iya. [Oil refining and petrochemicals]. – 2007. – No. 3. – P. 12–22.

10 **Antos, G. J., Aitani, A. M., Parera, J. M.** Catalytic Naphtha Reforming: Science and Technology. – New York : Marcel Dekker, 1995. – 516 p.

11 **Behroozi, A., Beitari, H., Ghorbanipoor, M., Nasrabadi, A. M.** Uvelichenie proizvodstva benzina [Increase in gasoline production] Neftegazovy`e texnologii. In Oil and Gas technologies. – 2008. – № 12. – P. 79–82.

12 **Axmetov, S. A., Ishmiyarov, M. X., Verevkin, A. P., Dokuchaev, E. S., Malyshevm, Yu. M.** [S. A. Akhmetov, M. Kh. Ishmiyarov, A. P. Verevkin, E. S. Dokuchaev, Yu. M. Malyshev. Texnologiya, e`konomika i optimizaciya processov pererabotki nefti i gaza. [Technology, Economics, and optimization of oil and gas refining processes]. / Ed. Akhmetova S. A. – Moscow : [Chemistry Ximiya], 2005. – 736 p.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Р. М. Дюсова[1], Г. Ж. Сейтенова[2], Н. М. Онбаев[3], Г. Р. Бурумбаева[4]

Математикалық модельдеу әдісімен каталитикалық риформингтін ресурсының тиімділігін арттыру

[1,2,3]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;
[4]Павлодар мұнай-химия зауыты» ЖШС,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

G. Zh. Seitenova[1], N. M. Onbayev[2], R. M. Dyussova[3], G. R. Burumbaeva[4]

Improving the resource efficiency of catalytic reforming by method of mathematical modeling

[1,2,3] Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[4] LLP «Pavlodar Oil Chemistry Refinery»,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 30.09.20.

Каталитикалық риформинг-мұнай өңдеу зауытының тізбегіндегі негізгі процесс. Оның көмегімен құнды мұнай өнімдері алынады: хош иісті көмірсутектер және құрамында сутегі бар газ. Өңдеу тереңдігін және процестің селективтілігін ұлғайту Қазақстанның отын өнеркәсібі үшін басым міндет болып табылады.

Математикалық модельдеу әдісі экономикалық шығындар мен тиімділік тұрғысынан ең тиімді болып табылады.

Қазақстанда каталитикалық риформинг процесін орнатудың тиімділігін арттыру мақсатында математикалық модельдеу бағдарламасына шолу келтірілген.

Математикалық модельдеу өнеркәсіптік қондырғыдағы риформинг режимін зерттеуге және қондырғының жұмысын оңтайлы режимде ұстап тұру үшін технологиялық типтегі

шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Математикалық модельді кез-келген өнімділіктің барлық риформингтік қондырғыларында қолдануға болады, планшетте немесе шарлы катализаторлардың қозғалмалы қабаты бар.

Тиімділіктің негізгі көрсеткіштері-риформаттың октандық саны, Технологиялық режим, мақсатты өнімдердің шығуы. Математикалық модельдеу әдісін қолдану риформаттың қажетті октан санына жету үшін оңтайлы технологиялық параметрлерді таңдауға, сонымен қатар каталитикалық риформинг қондырғысының жұмысын оңтайландыруға, мақсатты өнімдердің шығуын арттыруға және қажетті сапалы өнімдер алу үшін тиімді оңтайлы режимді болжауға мүмкіндік беретіні анықталды. Бұл әдіс мұнай өңдеудің барлық кезеңдерінде қолданылады.

Кілтті сөздер: риформинг, математикалық моделдеу, октандық сан, қайта өңдеу, жеңіл бензин фракциялары.

Catalytic reforming is the main process in the refinery chain. It is used to produce valuable petroleum products: aromatic hydrocarbons and hydrogen-containing gas. Increasing the processing depth and process selectivity is a priority for the fuel industry in Kazakhstan.

The method of mathematical modeling is the most cost-effective in terms of economic costs and efficiency.

An overview of the program of mathematical modeling to improve the efficiency of the installation of the catalytic reforming process in Kazakhstan is given.

Mathematical modeling allows you to study the mode of reforming in an industrial installation and make technological decisions to maintain the operation of the installation in an optimal mode. The mathematical model can be used for all reforming plants of any capacity, preformed or having a fixed or moving layer of ball catalysts.

The main performance indicators are the octane number of the reformat, the technological mode, and the output of target products. It is established that using the mathematical modeling method allows you to choose the optimal technological parameters to achieve the required octane number of the reformate, as well as optimize the operation of the catalytic reforming unit, increase the yield of target products, and predict the effective optimal mode for obtaining products of the required quality. This method is applicable for all stages of oil refining.

Keywords: reforming, mathematical modeling, octane number, processing, light gasoline fractions.

МРНТИ 44.29.31

https://doi.org/10.48081/AQQR2272

Д. Д. Исабеков, О. М. Талипов
Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар

ПОСТРОЕНИЕ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ГЕРКОНАХ

В настоящей статье авторы рассматривают реализацию газовой защиты силовых трансформаторов с использованием герконов. Представленная защита может использоваться вместо или дублировать широко распространённые газовые защиты, выполненных традиционным способом – с применением газовых реле.

Ключевые слова: геркон, корпус со смотровым окном и с крышкой, противовес, постоянный магнит, перекладина, бак трансформатора, расширитель, трубопровод.

Введение

Разработка и создание ресурсосберегающих защит для различных электроустановок, как от внутренних, так и внешних повреждений, без использования дорогостоящих и громоздких трансформаторов тока с ферромагнитными сердечниками, начатых во второй половине двадцатого века, остаются актуальными и по сей день [1–2]. Однако, создание ресурсосберегающих газовой защиты для силовых трансформаторов, вместо традиционных защит с использованием газового реле ранее еще не рассматривалось [3–4]. Этот вопрос, как и ряд других вопросов в области ресурсосбережения для релейной защиты остается также открытым. Перспективной задачей построения газовой защиты силовых трансформаторов без газового реле, является использование герконов, имеющих преимущества в сравнении с другими, такими же магниточувствительными элементами [5]. Начиная со второй половины прошлого столетия разработано множество защит, в том числе и с методикой расчета тока срабатывания [6–7], действие которых основано на срабатывании геркона, помещенного вблизи токопроводов фаз электроустановки от магнитного поля, возникающего при коротком замыкании – создающего достаточную магнитодвижущую силу для его срабатывания, а также различных устройств и конструкций для крепления герконов – предлагающих совершенно иной подход в реализации релейной защиты для различных электроустановок [8–10].

Объект исследования: релейная защита силовых трансформаторов

Предмет исследования: релейная защита и автоматика систем электроснабжения

Цель: построение газовой защиты силовых трансформаторов на магниточувствительных элементах-герконах

Назначение: использование вместо традиционных и широко применяемых газовых реле для защит силовых трансформаторов от внутренних повреждений.

Методы и результаты исследования: детальная проработка научных статей и патентов по данной тематике в результате исследования позволила предложить макет нового устройства газовой защиты силовых трансформаторов.

Результаты и обсуждение.

Построение газовой защиты силовых трансформаторов на герконах реализовывалось на основе конструкции, в состав которой входит геркон 1 с разомкнутым контактом 2 и геркон 3 замкнутым контактом 4 (рис.1), корпус 5, со смотровым окном 6 и с крышкой 7, стакан 8, крышки 9 и 10, прорези 11 на крышках, противовес 12, хомуты 13, установленные на держателях 14 и 15, постоянный магнит 16, перекладину 17, подушки 18, 19, 20 и 21, первую 22 и вторую 23 втулки, оси 24 и 25, винты 26 и 27, бак трансформатора 28, расширитель 29, трубопровод 30, маслостойкие прокладки 31, болты 32, гайки 33, левый 34 и правый 35 выступы корпуса 5 (рис.2).

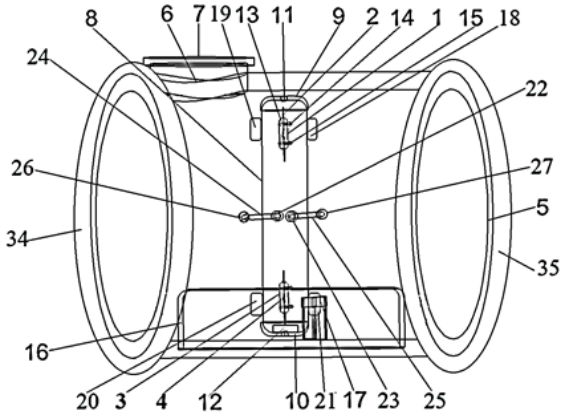


Рисунок 1 – Конструкция газовой защиты трансформатора

Реализовывалась газовая защита на герконах для силовых трансформаторов следующим образом. Перед включением силового

трансформатора в работу, в рассечку трубопровода 30, соединяющего бак трансформатора 28 с расширителем 29 при помощи болтов 32 и гаек 33, предварительно установив при этом с двух сторон корпуса 5 маслостойкие прокладки 31, прикручивают за левый 34 и правый 35 выступы этого корпуса 5 данную конструкцию.

Открыв крышку 7 внутрь корпуса 5 устанавливают стакан 8 с двумя герконами 1 и 3 (рис.1). Их устанавливают в стакан 8 на держатели 14 и 15 при помощи хомутов 13. После закрепляют стакан 8 к боковым стенкам корпуса 5 с помощью винтов 26 и 27, прикручиваемых к осям 24 и 25, которые закреплены по бокам стакана 8 с помощью первой 22 и второй 23 втулок.

Геркон 3 под действием противовеса 12 располагается в нижней части корпуса 5 – в плоскости поперечного сечения постоянного магнита 16 и его контакт 4 замыкается.

В режиме номинальной нагрузки внутри бака силового трансформатора 28, отсутствуют витковые замыкания в обмотках. В связи с этим контакт 4 геркона 3 остаётся замкнутым. Геркон 3 подключен в цепь сигнализации так, что когда его контакт 4 замкнут, то сигнал в цепи сигнализации отсутствует, а контакт 2 геркона 1 разомкнут, и газовая защита силового трансформатора не срабатывает (рис.1).

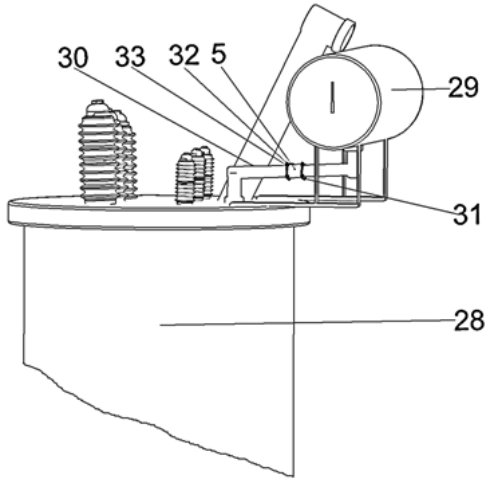


Рисунок 2 – Крепление конструкции газовой защиты трансформатора

При небольшом выделении газов верхняя часть бака силового трансформатора 28 заполняется газом, который небольшими пузырьками поднимается вверх по трубопроводу 30 к расширителю 29 (рис.2). При этом

стакан 8 начинает вращение, а геркон 3 выходит из плоскости поперечного сечения постоянного магнита 16, его контакт 4 размыкается и подаёт сигнал о неисправности в силовом трансформаторе в цепь сигнализации (рис.1).

При бурном же выделении газов верхняя часть бака силового трансформатора 28 заполняется большим его объёмом, бурным потоком поднимающегося вверх по трубопроводу 30 к расширителю 29. Стакан 8 переворачивается вокруг своей оси в противоположную сторону на 180˚ до перекладины 17, соприкасающейся с подушкой 18. Геркон 3 выходит из плоскости поперечного сечения постоянного магнита 16 и его контакт 4 размыкается, подавая сигнал о неисправности в силовом трансформаторе в цепь сигнализации, а геркон 1 попадает в плоскость поперечного сечения постоянного магнита 16 и его контакт 2 замыкается, посылая сигнал в цепь отключения силового трансформатора (рис.1, 2). После этого стакан 8 возвращается в исходное положение (рис.1).

Выводы

Представленное устройство для газовой защиты силовых трансформаторов на герконах позволяет отказаться от использования традиционных газовых реле, регулятора скорости потока масла, тем самым исключая экономические затраты, так как стоимость данного устройства в десятки раз меньше, чем та же защита, но с использованием традиционных газовых реле.

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». – М., 2004. – № 4. – С. 7–16.

2 **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.

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

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 **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.

6 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.

7 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

8 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

9 Патент 33107 Республики Казахстан, МПК H02H 3/08. Конструкция для крепления герконов в ячейках комплектных распределительных устройств / Клецель М. Я., Талипов О. М., Исабеков Д. Д.; заявл. 19.04.2017; опубл. 17.09.2018, бюл. № 35

10 Патент 34366 Республики Казахстан, МПК H02H 7/22. Конструкция для крепления герконов в комплектных распределительных устройствах / Клецель М. Я., Бороденко В. А., Исабеков Д. Д.; заявл. 10.10.2018; опубл. 05.06.2020, бюл. № 22

References

1 **Dyakov, A. F.** E`lektroe`nergetika mira v nachale XXI stoletiya (po mater. 39-j sessii SIGRE`, Parizh) [Tekst] [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] In «E`nergetika za rubezhom». Energy abroad. – Moscow, 2004. – No. 4. – P. 7–16.

2 **Kletsel, M. Ya.** Osnovy` postroeniya relejnoj zashhity` na gerkonax [Tekst] – Ekaterinburg, 2013. [Fundamentals of building relay protection on reed switches [Text] In Zhurnal «Sovremenny`e napravleniya razvitiya relejnoj zashhity` i avtomatiki e`nergosistem»: sb. dokl. mezhdunar. nauch.-texnich. konf. [Journal «Modern trends in the development of relay protection and automation of power systems» : collection of articles. report int. scientific and technical conf.]. – Ekaterinburg, 2013. – P. 1–10.

3 **Kazansky, V. E.** Izmeritel`ny`e preobrazovateli toka v relej-noj zashhite [Tekst] [Measuring current transducers in relay protection [Text]. – Moscow : Energoatomizdat, 1988. – 240 p.

4 **Andreev, V. A.** Relejnaya zashhita i avtomatika sistem e`lektrosnabzheniya uchebnik dlya vuzov [Tekst]: [Relay protection and automation of power supply systems textbook for universities [Text]: – Ed. 4th. Ref. and add. – Moscow : Higher school. – Moscow, 2006. – 639 p.

5 **Kletsel, M. Ya. Musin, V. V.** O postroenii na gerkonax zashhit vy`sokovol`tny`x ustanovok bez transformatorov toka [Tekst] [About the construction of high-voltage installations on reed switches without current transformers [Text]. In Journal «E`lektrotexnika» [«Electrical Engineering»]. – Moscow, 1987. – No. 4. – P. 11–13.

6 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.

7 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.

8 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.

9 Patent 33107 of the Republic of Kazakhstan, IPC H02H 3/08. Design for fastening reed switches in the cells of complete switchgear / Kletsel M. Ya., Talipov O. M., Isabekov D. D.; declared 04/19/2017; publ. 17.09.2018, bul. No. 35.

10 Patent 34366 of the Republic of Kazakhstan, IPC H02H 7/22. Design for fastening reed switches in complete switchgear / Kletsel M. Ya., Borodenko V. A., Isabekov D. D.; declared 10/10/2018; publ. 06/05/2020, bul. No. 22.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Д. Д. Исабеков, О. М. Талипов

Қуатты трансформаторларың геркондардағы газ қорғаудың құрылысы

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

D. D. Issabekov, O. M. Talipov

Construction of gas protection of power transformers on reed switches

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 30.09.20.

Бұл мақалада авторлар геркондарды қолдана отырып, күштік трансформаторларға газ қорғауды іске асыруды қарастырады. Ұсынылған қорғаныс дәстүрлі тәсілмен жасалған – газ релесімен, немесе таратылған қолданылатын газ қорғау орнына дубляжды жасау қолдануға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: геркон, терезесі мен қақпағы бар корпус, қарсы салмақ, тұрақты магнит, көлденең тірек, трансформаторлық бак, кеңейткіш, құбыр.

In this article, the authors consider the implementation of gas protection of power transformers using reed switches. The presented protection can be used instead of or duplicate the widespread gas protection performed in the traditional way – with the use of gas relays.

Keywords: reed switch, housing with a viewing window and with a cover, counterweight, permanent magnet, crossbar, transformer tank, expander, pipeline.

МРНТИ 45.01.94

https://doi.org/10.48081/JWBS7199

Ж. Б. Исабеков[1], А. Б. Жантлесова[2], А. З. Жумадилова[3], Б. Б. Исабекова[4]

[1,4]Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;
[2]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;
[3]ТОО «GREENORDA PROJECT»,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

В связи с большим количеством и разнообразием установок перед верификатором и валидатором ставится задача по определению источников выбросов парниковых газов на предприятии и их количества, а также определению рисков системы контроля не обнаружения источника парниковых газов (ПГ), приводящих к искажению данных отчетности. Поэтому необходимо создать базу или справочник по установкам и электроаппаратам. Подготовить предложения по созданию распознавания электроустановок, обработке информации по ней и рекомендаций по сокращению ресурсов и сокращение выбросов парниковых газов, исходя из особенностей эксплуатации установки. Предложенные мероприятия и рекомендации могут быть использованы на предприятиях и в организациях различных форм собственности для облегчения идентификации, а также занесения в электронный справочник рекомендаций по эксплуатации электроустановки.

Ключевые слова: паспорт установок, парниковые газы, верификатор, валидатор, цифровая система расчета.

ВВЕДЕНИЕ

В 2017 году была усовершенствована законодательная база в сфере регулирования выбросов парниковых газов [1, 2]. Это правила распределения

квот на выбросы ПГ, правила рассмотрения, одобрения и реализация проектов, направленных на сокращения выбросов и поглощения парниковых газов и т.д.

Основными задачами является проведение анализа паспортов установок и отчетов по парниковым газам на предприятиях Республики Казахстан, сдающих отчеты по углеродным единицам выбросов парниковых газов по правилам ведения мониторинга, учета и отчетности по углеродным единицам выбросов парниковых газов в целях торговли, Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 14 мая 2012 года № 157-ө.

Материалы и методы

Сейчас существуют много цифровых программ для расчета выбросов.

Например, COPERT программа [3], предназначенная для расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автомобильного транспорта. Методология «COPERT» также является частью Руководства по инвентаризации выбросов «ЕМЕП» / «КОРИНЭЙР».

Вторая программа «Глобальный калькулятор» модель мировых энергетических [4], наземных и пищевых систем, которая позволяет пользователям исследовать варианты сокращения глобальных выбросов до 2050 года и увидеть климатические последствия этих выборов до 2100. Это бесплатный продукт, который поможет вам понять связь между нашим образом жизни, энергией, которую мы используем, и последствиями для нашего климата. Калькулятор предназначен для всех, кто интересуется изучением того, что может выглядеть в мире с низким уровнем выбросов углерода. Моделирует мировые потребности в энергии и спрос путем моделирования физических единиц, таких как земля, автомобили и электростанции пользователь выбирает характеристики, развертывание и использование этих различных технологий он не делает предположений, основанных на экономике, о том, как меняется поведение людей в отношении спроса и предложения он автоматически не оптимизирует энергетическую систему на основе цены или любого другого фактора.

Третья программа «ЭРА-Климат» – инвентаризация источников выбросов парниковых газов [5], формирование и выпуск бланка и паспорта инвентаризации источников выбросов предприятия. Четвертая программа «Эколог-Парниковые газы: Сжигание топлива и производство материалов» позволяет рассчитать фактическую массу выбросов парникового газа в пересчете на углекислый газ (CO_2-эквивалент) при стационарном сжигании топлива и производстве кокса, цемента, извести, стекла и керамических изделий. Программа реализует «Методические указания и руководство по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в

Российской Федерации», утвержденные приказом Минприроды России от 20 июня 2015 г. № 300 (пп. 1, 5, 6, 7, 8 и 9 Приложения 2 «Сборник методик количественного определения выбросов парниковых газов по категориям источников»).

В современных условиях роль информации в принятии решения бесспорна [6]. Однако необходимость учета при принятии управленческих решений большого количества экономических, политических, социальных, правовых факторов существенно усложняет процесс выбора правильного варианта решения экспертного заключения по парниковым газам. Как правило, это связано со сложностями, возникающими в процессе сбора актуальной, достоверной и полной информации по интересующему вопросу. Стремительное увеличение объемов поступающей и перерабатываемой информации приводит к значительным изменениям в способах и методах анализа информации и требует не только автоматизации процесса обработки и изучения данных, но и интеллектуализации информационных и организационных процессов, построения и внедрения эффективных методов и интеллектуальных технологий поддержки принятия решения экспертного заключения по парниковым газам.

К наиболее известным и распространенным парниковым газам, помимо водяного пара (H_2O), углекислого газа (CO_2), метана (CH_4) и закиси азота (N_2O), относится и гексафторид серы (SF_6), или элегаз (сокращенно от «электрический газ»), являющийся парниковым газом прямого действия. Выброс этого вещества в атмосферу связан преимущественно с промышленной деятельностью, производством изоляционных материалов, а также выходом из строя оборудования с применением этого вещества. Необходимость составить инвентаризацию таких электроустановок, которые являются источниками выше перечисленными парниковыми газами. Например, элегаз [7] обладает достаточно опасными свойствами, главное из которых – способность сохраняться в атмосфере до 3200 лет. Также он представляет опасность для здоровья сотрудников предприятий и может стать причиной проблем, связанных с безопасностью производства. Угроза может возникнуть при ремонте или утилизации, когда закрытый объем элегазового оборудования или моноблока вскрывается и продукты разложения вступают в реакцию с влагой в воздухе. Кроме того, элегаз характеризуется высокой текучестью: вещество способно просачиваться не только через разъемные уплотнения, но даже сквозь некачественную металлическую оболочку. Помещения, где производятся работы с элегазовым оборудованием, должны быть оснащены приточно-вытяжной вентиляцией, что требует дополнительных финансовых вложений. Еще один очевидный недостаток элегаза – это невозможность использования при низких

температурах, из-за чего в климатических реалиях не получается применять оборудование с чистым элегазом вне отапливаемых помещений. Сегодня многие компания предлагают устройства не вырабатывающие парниковые газы, например распределительные устройств и компонентов, не содержащих элегаз, для применения в распределительных сетях, а также твердой и воздушной изоляции.

Общим подходом для расчета выбросов парниковых газов в результате эффективного метода обезвреживания отходов является измерение количество сожженных сухих отходов (предпочтительно с разделением отходов по типу) и изучение, связанных с данным процессом, коэффициентов выбросов парниковых газов.

Составить данные по количеству отходов, включая документацию по использованным методам и источникам данных (например, статистика отходов, исследования, оценки экспертов).

Наиболее распространенный метод оценки выбросов CO_2 основывается на расчете содержания ископаемого углерода в сжигаемых отходах, умноженный на коэффициент окисления, и преобразовании продукта (количество оксидированного ископаемого углерода) в CO_2.

Если запрограммировать алгоритм расчета ПГ, то можно создать экспертную систему, например, в [10].

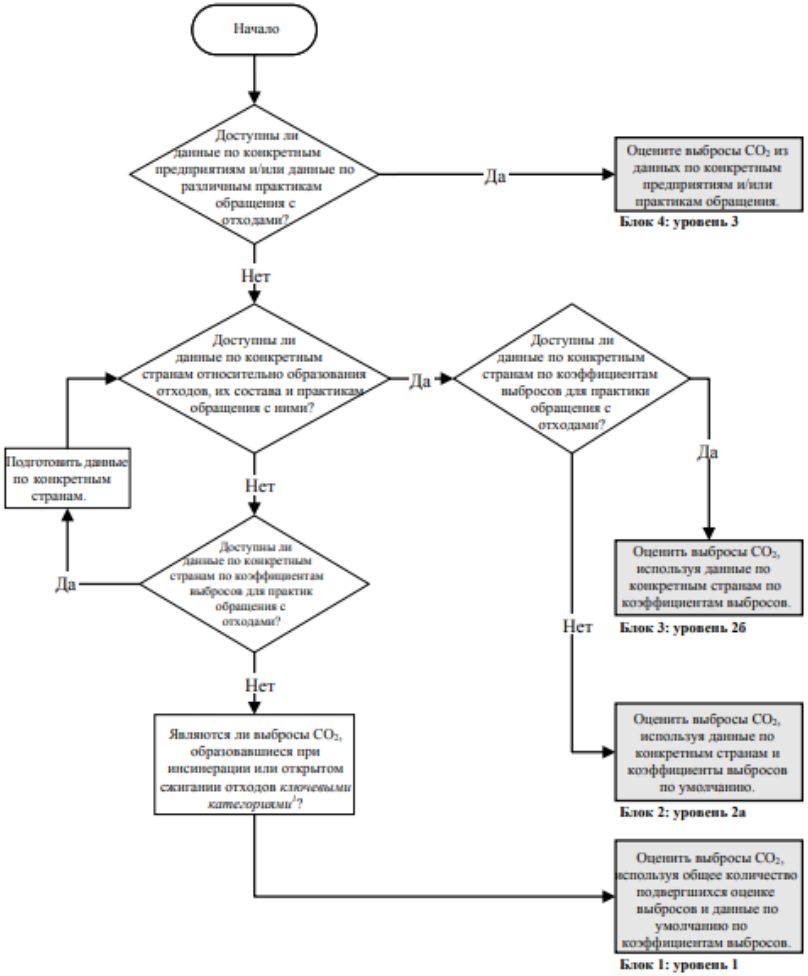


Рисунок 1 – Схема принятия решений относительно выбросов CO_2

Данные уровня 1, используются по умолчанию, приводятся в [8]

Уровень 2: На данном уровне для каждого типа отходов требуются данные, характерные для конкретной страны.

Уровень 3: При наличии необходимо использовать данные по каждому предприятию. Требуемые данные аналогичны уровням 1 и 2. При оценке необходимо учитывать все предприятия, сжигающие ископаемые жидкие отходы, а также общее количество сожженных ископаемых жидких отходов.

Расчет выбросов CO_2 для каждого вида топлива для отдельных источников (установок для сжигания) производится по формуле:

$$E = M \cdot K1 \cdot ТНЗ \cdot K2 \cdot 44/12,$$

где E – годовой выброс CO2 в весовых единицах (тонн/год);

M – фактическое потребление топлива за год (тонн/год);

K1 – коэффициент окисления углерода в топливе (показывает долю сгоревшего углерода), таблица 2;

ТНЗ – теплотворное нетто-значение (Дж/тонн), таблица 3;

K2 – коэффициент выбросов углерода (тонн/Дж), таблица 3;

44/12 – коэффициент пересчета углерода в углекислый газ (молекулярные веса соответственно: углерод – 12 г/моль, O_2 = 2 x 16 = 32 г/моль, CO_2 = 44 г/моль).

Результаты и обсуждение

Определение фактического потребления топлива производится на основании учетных данных предприятия о потреблении различных видов топлива.

В этом случае суммарный народнохозяйственный экономический эффект будет получен от эффекта экономии труда верификаторов, средств и времени, эффекта обновления технологии верификации за счет снижения себестоимости.

Выводы

В условиях глобального энергетического кризиса энергоэффективность становится важнейшим приоритетом в экономической политике как развитых, так и развивающихся стран мира. Мировая практика свидетельствует о том, что повышение энергоэффективности является наиболее эффективным направлением обеспечения энергетической безопасности страны, смягчения социально-экономических последствий повышения цен на энергию и изменения климата. Помимо этого, повышение энергоэффективности способствует росту конкурентоспособности. Меры по энергоэффективности не только сокращают расход топлива, но также способствуют преодолению других сопутствующих проблем. Так, эффективная организация и эксплуатация установок содействуют действенному снижению затрат на топливо, загрязнение воздуха на местах, снижают риск и число несчастных случаев, выбросы парниковых газов.

Список использованных источников

1 Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» от 30 мая 2013 года № 577. [Электронный ресурс]. – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_.

2 Закон РК «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности». [Электронный ресурс]. – URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1200000541.

3 COPERT [Электронный ресурс]. – URL: http://emisia.com/products/copert.

4 Глобальный калькулятор [Электронный ресурс]. – URL: http://tool.globalcalculator.org/.

5 ЭРА-Климат [Электронный ресурс]. – URL: https://lpp.ru/catalog/era_klimat/.

6 «Цифровой Казахстан» [Электронный ресурс]. – URL: https://digitalkz.kz/ru/.

7 **Гуренков, А.** Отказ от элегаза в КРУ : новые технологии для защиты окружающей среды [Электронный ресурс]. – http://www.eaton.ru/ecm/groups/public/%40pub/%40eatonru/%40elec/documents/content/pct_2026714.pdf.

8 Методические указания по расчету выбросов парниковых газов от тепловых электростанций и котельных [Электронный ресурс]. – https://www.egfntd.kz/upload/NTD/MERK/9.pdf.

References

1 Qazaqstan Respýblıkasynyń 2013 jylǵy 30 mamyrdaǵy № 577 «jasyl ekonomıkaǵa» kóshýi jónindegi tujyrymdamasy [Concept for the transition of the Republic of Kazakhstan to a «green economy». Approved by dated may 30, 2013 No. 577.] [Electronic resource]. – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_

2 QR «Energıa únemdeý jáne energıa tıimdiligin arttyrý týraly» Zańy. [Law of the Republic of Kazakhstan «On energy saving and energy efficiency improvement»] [Electronic resource]. – URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1200000541.

3 COPERT [Electronic resource]. – URL: http://emisia.com/products/copert

4 Ǵalamdyq kálkýlátor [The global calculator] [Electronic resource]. – URL: http://tool.globalcalculator.org/

5 ERA-Klımat [ERA-Climate] [Electronic resource]. – URL: https://lpp.ru/catalog/era_klimat/

6 «Sıfrlyq Qazaqstan» [«Digital Kazakhstan»] [Electronic resource]. – URL: https://digitalkz.kz/ru/

7 **Gurenkov, A.** KRÝ-da elegazdan bas tartý : qorshaǵan ortany qorǵaýdyń jańa tehnologıalary [The Rejection of sulfur hexafluoride in Crewe : new technologies for environmental protection] [Electronic resource] – http://www.eaton.ru/ecm/groups/public/%40pub/ %40eatonru/%40elec/documents/content/pct_2026714.pdf.

8 Jylý elektr stansıalary men qazandyqtardan parnıktik gazdar shyǵaryndylaryn esepteý jónindegi ádistemelik nusqaýlar [Guidelines for calculating greenhouse gas emissions from thermal power plants and boilers] [Electronic resource]. – https://www.egfntd.kz/upload/NTD /MERK/9.pdf.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Ж. Б. Исабеков[1], А. Б. Жантілесова[2], А. З. Жумадилова[3], Б. Б. Исабекова[4]

Қазақстан Республикасында электр энергетикалық кәсіпорындарындағы партия госының есептің дигиталық жүйесін құру

[1,4]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;
[2]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[3]«GREENORDA PROJECT» ЖШС,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

Zh. B. Issabekov[1], A. B. Zhantlessova[2], A. Z. Zhumadilova[3], B. B. Issabekova[4]

Creation of a digital system of calculation of greenhouse gases at electric power enterprises in the Republic of Kazakhstan

[1,4]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[2]S. Seifullina Kazakh Agro Technical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[3] LLP «GREENORDA PROJECT»,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 30.09.20.

Көптеген қондырғылар мен қондырғылардың салдарынан верификатор мен валидаторға кәсіпорындағы парниктік газдардың көздерін анықтау және олардың мөлшерін анықтау, сондай-ақ есеп беру деректерінің бұрмалануына алып келетін парниктік газдардың (ПГ) көздерін анықтайтын мониторинг жүйесінің тәуекелдерін анықтау қажет. Сондықтан қондырғылар мен электр

аппараттарында базалық немесе анықтамалық кітап жасау керек. Электрлік тануды құру туралы ақпараттарды өңдеу және ресурстарды азайту және парниктік газдар шығарындыларын азайту жөніндегі ұсыныстарды орнатудың сипаттамаларына негізделген ұсыныстар дайындау. Ұсынылған шаралар мен ұсыныстарды сәйкестендіруді жеңілдету үшін, сондай-ақ электр қондырғыларын электронды нұсқаулыққа енгізу жөніндегі ұсынымдар енгізу үшін әртүрлі меншіктегі кәсіпорындар мен ұйымдарда пайдалануға болады.

Кілтті сөздер: қондырғылардың паспорты, парниктік газдар, верификатор, валидатор, сандық есептеу жүйесі.

Due to the large number and variety of installations, the verifier and validator are tasked with identifying sources of greenhouse gases in the enterprise and their quantities, as well as determining the risks of the monitoring system that does not detect the source of greenhouse gases (GHGs) that distort reporting data. Therefore, it is necessary to create a base or reference book on installations and electrical apparatus. Prepare proposals for the creation of electrical recognition, processing information on it and recommendations for reducing resources and reducing greenhouse gas emissions, based on the characteristics of the installation. The proposed measures and recommendations can be used at enterprises and organizations of various forms of ownership to facilitate identification, as well as entering recommendations on the operation of an electrical installation into an electronic guide.

Keywords: passport of installations, greenhouse gases, verifier, validator, digital calculation system.

МРНТИ 50.03.03

https://doi.org/10.48081/QDJF3597

Д. В. Исайкин[1], К. Т. Сауанова[2]
[1]Казахский университет путей сообщения,
Республика Казахстан, г. Алматы;
[2]Алматинский Университет энергетики и связи,
Республика Казахстан, г. Алматы

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С КАМЕР ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

В статье проведен обзор и анализ методов решения задачи получения изображений с камер видеонаблюдения для мониторинга опасных участков железных дорог. Обоснована актуальность решения задачи дополнения автоматических систем видеонаблюдения и фиксации нарушений интеллектуальными информационными технологиями, позволяющими автоматически повысить качество получаемых изображений и его разрешение.

Ключевые слова: системы видеонаблюдения, мониторинг, железнодорожный транспорт, интеллектуальные технологии, разрешение изображения.

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

Введение

Темпы развития информационных технологий (ИТ) на сегодняшний день значительно опережают темпы развития аппаратных систем и комплексов (АСК). Особенно это касается технологий и их программных реализаций, предназначенных для решения задач интеллектуального анализа в системах искусственного интеллекта, основанные на принципах компьютерного зрения. Создание эффективных систем контроля и мониторинга подвижного состава (ПС), дорожной обстановки и дистанционного управления железнодорожными перевозками грузов и пассажиров является важной задачей, как для отрасли, так и для государства в целом.

Системы видеонаблюдения на железнодорожном транспорте (ЖДТ) являются одними из ключевых элементов современных систем,

способствующих обеспечению безопасности движения на железных дорогах (ж.д.). Качество работы систем видеонаблюдения напрямую влияет на организацию безопасности перевозок. Среди основных требований, предъявляемых к современным системам видеонаблюдения, является интеллектуализация. Ее суть заключается в том, что система должна не только фиксировать видеопоток, а и осуществлять заданную целевую обработку. Техническими требованиями к обработке изображения является функционирование систем видеонаблюдения в автоматическом (или автоматизированном) режиме реального времени. При этом влияние оператора должен быть минимальным.

Предмет исследования. Одной из основных задач по созданию и развитию систем автоматизированного управления железнодорожными перевозками является автоматизация процесса контроля передвижения объектов ПС ЖДТ, включая их идентификацию, распознавание опасных и аварийных ситуаций и т.п. В тоже время, одной из важнейших задач интеллектуальных систем технического зрения, которые, в частности, применяются в автоматизированных системах видеомониторинга обстановки на ЖДТ, является повышение качества цифровых изображений. Среди основных задач по обеспечению качества изображений является задача управления разрешением, в частности, его повышение. Последнее исключительно важно для задач распознавания опасных и аварийных ситуаций на ЖДТ, и может способствовать предотвращению возникновения подобных ситуаций, например, за счет интеграции в задачи видеомониторинга систем поддержки принятия решений для оперативного управления дорожной обстановкой.

Цель исследования. Исследование вопросов дополнения автоматизированных систем видеонаблюдения и фиксации нарушений интеллектуальными информационными технологиями, позволяющими повысить качество получаемых изображений и его разрешения.

Обзор литературных источников. Системы видеонаблюдения сегодня используются во многих прикладных задачах контроля безопасности. Системы видеонаблюдения необходимы на любом предприятии ЖДТ, вокзалах, ж.д. переездах, мостах и т.д. [1–6].

Системы видеонаблюдения, а именно технические и программные средства видеонаблюдения позволяют определить характер и место нарушения и принять оптимальные меры разного характера. Кроме того, с их помощью можно отследить прилегающие территории. Значительно совершенствует отмеченные системы внедрение модулей видеоаналитики. В последние годы происходит и планомерное оснащение пассажирского ПС камерами видеонаблюдения, средствами фиксирования видеоинформации, дистанционного съема необходимых отрезков видеозаписей.

Наиболее часто применяемый метод – сравнение текущего изображения с эталонным или с тем, которое было получено незадолго до этого, и дальнейшая оценка результата сравнения. Если распознается опасная ситуация, то сигнал тревоги передается диспетчеру или подается команда автоматической остановки поезда. Недостаток этого метода заключается в том, что определенные оптические эффекты, вызванные, например, светом фар автомобилей или человеческой тенью, могут быть ошибочно восприняты за посторонний объект на пути. Эта проблема решается, в частности, использованием стереокамер. В этом случае анализ опасной зоны выполняется двумя камерами, расположенными в различных точках. Такой метод был разработан для контроля зоны переездов в Японии, см. рис. 1.

Рисунок 1 – Пример использования стереокамер на железных дорогах Японии

На примере метода контроля за переездами в странах ЕС, США, Японии, разработаны различные методы видеонаблюдения на железнодорожных переездах Украины, РФ и других стран. Наглядным примером является аппаратно-программный комплекс (АПК) «АвтоУраган» – это система автоматической видеофиксации и идентификации регистрационных знаков транспортных средств, нарушающих правила пересечения железнодорожных переездов, см. рис. 2. Такой программный комплекс реализован на некоторых железнодорожных переездах Украины и РФ. Система из видеокамер и соответствующего ПО, устанавливается на железнодорожном переезде. Видеозапись автоматически начнется в момент загорания красного света. Системы и ПО будут фиксировать и распознавать номера всех

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

автотранспортных средств, которые продолжат движение через переезд несмотря за запрещающий сигнал.

Рисунок 2 – Общий вид интерфейса аппаратно-программного комплекса «АвтоУраган»

Есть и специализированные АПК для видеонаблюдения, рассчитанные на более специфические задачи, например, распознавание и идентификацию номеров железнодорожных вагонов, см. рис. 3.

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА
АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

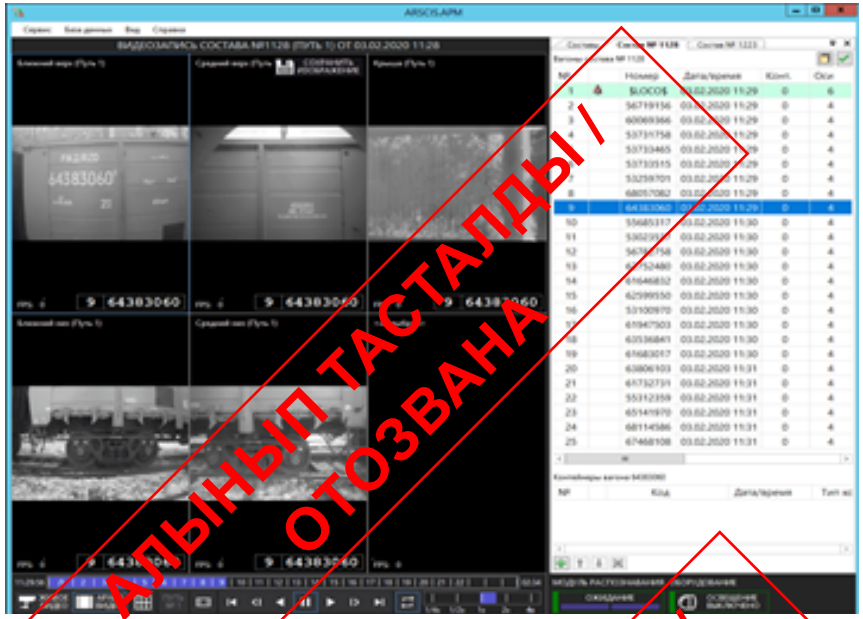


Рисунок 3 – Общий вид интерфейса аппаратно-программного комплекса АРСИС (ARSCIS)

Также следует упомянуть и такие АПК, разработанные специально для ЖДТ и решения задач идентификации подвижных объектов и видеонаблюдения, как: «КАУ-В» (Украина); АСУДД «Агат» (Республика Беларусь) и др.

Также целый ряд европейских, японских, американских систем идентификации и видео фиксации описан во многих литературных источниках [2–5]. Для повышения качества получаемого изображения, во всех таких системах используется обработка кадров с достаточно низким разрешением программными средствами. В каждой системе сама реализация вычислений имела разные подходы, которые более детально описаны в следующем параграфе диссертации.

Видео с камер видеонаблюдения хранится на серверах. Как отмечалось в [2, с. 16] недостатком систем видеонаблюдения, используемых в настоящее время на железнодорожных переездах, является отсутствие обработки данных в режиме реального времени для выявления критической ситуации, например, выезде автомобиля на железнодорожный путь при приближении поезда или остановке автомобиля между шлагбаумами и т.п. Поэтому многими исследователями обсуждается целесообразность использования

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА
АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

интеллектуальной системы, которая проводит предварительный анализ текущей обстановки на переезде. Что в частности требует и решения задачи по повышению качества и разрешения изображений, получаемых от камер видеонаблюдения, и принятия соответствующих мер по устранению опасных ситуаций. Контроль состояния опасных участков железнодорожного пути обеспечивается в реальном времени благодаря распознаванию критической ситуации на железнодорожном переезде нейронной сетью. При обнаружении автомобиля на железнодорожных путях машинист поезда, приближающегося к переезду, оповещается красным индикатором о возникновении критической ситуации. Решение данной проблемы приобретает еще большую актуальность в случае, если мобильная сеть перегружена и машинист теряет связь с камерой видеонаблюдения на переезде или результаты поступающего изображения с камеры имеют низкое качество, а их разрешение невысоко. В этой ситуации машинист не в состоянии четко наблюдать состояние переезда, см. рис. 4.

Рисунок 4 – Пример качества изображения, передаваемого в кабину машиниста с камер видеонаблюдения с помощью мобильной сети

Современные схемы видеонаблюдения на ЖДТ направлены не только на регистрацию автотранспорта, а на полный видеоконтроль всех изменений, происходящих на переездах, мостах, вокзалах, инфраструктурных постройках и т.п.

Большинство железнодорожных переездов Казахстана расположены достаточно далеко от населенных пунктов. Это создает определенные риски для проявления вандализма или хищения оборудования. Под удары злоумышленников вандалов попадают не только дорогостоящие компоненты ж.д. инфраструктуры, но элементы оборудования. А кроме того, могут возникать риски и опасности для всех участников движения, начиная от пассажиров и локомотивной бригады ПС и заканчивая пассажирами и водителем транспортного средства, которое, например, вынуждено пересекать неисправные ж.д. переезды.

Материалы и методы. Применение систем видеонаблюдения в совокупности с другими элементами технического зрения, а также способных реализовывать функционал видеоаналитики для важных инфраструктурных объектов на ЖДТ (переезды, мосты, тоннели и др.), может стать элементом более масштабной системы обеспечения безопасности на железных дорогах. При решении данной задачи следует обратить внимание на технические аспекты и потенциал развития различных каналов передачи данных в системах интеллектуального видеонаблюдения (СИВ), см. рис. 5.

Рисунок 5 – Формирование требований к каналам связи для СИВ

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

В соответствии с концепцией СИВ они должны эффективно обеспечивать решение таких задач:

- оперативное отслеживание ситуаций на путях и иных инфраструктурных объектах ЖДТ (далее ИнОб ЖДТ) и последующую передачу видеосигналов в центры управления и/или поездной бригаде, которое необходимо для оперативного оценивания ситуации и принятия решения. В перспективе возможно автоматическое принятие решения на основе систем искусственного интеллекта, имплементированных в системы управления движением;
- управление движением поездов, например, в режиме «автомашинист» и автоматизацию оценивания опасностей для конкретных ситуаций на путях и других ИнОб ЖДТ на основе ситуационного анализа.

Оба указанных направления характеризуются своими особенностями. Это, соответственно, приводит к разным требованиям, которые разработчики предъявляют к каналам связи, характеристикам видеоинформации, передаваемым по этим каналам. Причем в зависимости от особенностей каналов передачи видеоинформации и ее качества, возникают и различные подходы к реализации технических решений в ходе проектирования СИВ.

Как было показано в работах [6–8] оптимальным является сочетание двух этих подходов в процессе аппаратно-программной реализации СИВ. И если для решения задачи передачи видеоданных в центры управления движением (ЦУД) важно максимально качественно обеспечить картинку для реализаций функций видеоаналитики, в частности, задачи распознавания мелких деталей, которые могут быть не замечены человеком на видеоизображении, то для поездной бригады накладываются определенные ограничения на перечень технологий передачи видеоданных.

Сегодня требованиям железнодорожников по пропускной способности вполне отвечают сети на основе протокола TCP/IP. Причем постепенно идет переход на оптико-волоконные каналы, соединяющие камеры СИВ и ЦУД. Передача данных по беспроводным каналам, реализована в большинстве случаев через технологии Wi-Fi, см. рис. 6.

Как показано в работах [9, 10] для того, чтобы эффективно организовать наблюдение за опасными объектами на железной дороге, прежде всего на железнодорожных переездах, достаточно одной или нескольких IP-видеокамер. Разумеется, если эти камеры подключены к сервисам видеоаналитики по проводным или беспроводным сетям, то это многократно увеличит их потенциал в вопросе организации безопасного движения на ЖДТ.

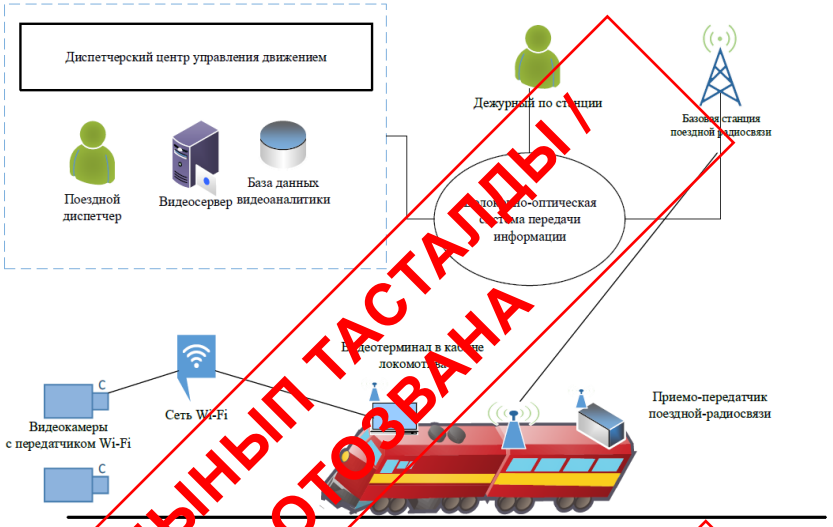


Рисунок 6 – Принципиальная схема организации видеомониторинга на основании беспроводной передачи данных

Обеспечение функциональной и надежной СВН, построенной для передачи видеоданных по беспроводным каналам, требует решения многих технических задач. В частности, это задача по расчету беспроводного канала. Подобный расчет должен учитывать и особенности тех сервисов, которые могут быть доступны как операторам в ЦУД, так и поездной бригаде. Принципиальная схема организации видеомониторинга на основании беспроводной передачи данных со встроенной видеоаналитикой может, например, через беспроводные технологии передавать информацию не только в ЦУД, но и на терминал в кабину локомотива. Такая схема видеонаблюдения с элементами автоматизации управления камерой (например, разворот камеры, ее наклон и т.п.), а также с модулем обработки видеокадров, (например, увеличение разрешения, фильтрация и др.), позволяет организовать комплексную оценку ситуации на объекте наблюдения и в случае необходимости выдавать сигнал на торможение поезда. При использовании беспроводного канала связи в системе видеонаблюдения камеры должны быть установлены в непосредственной близости от передатчика. При такой организации системы видеонаблюдения организация сети несколько более сложная, чем на схеме, показанной на рисунке 6, но количество необходимого оборудования заметно меньше.

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

Таблица 1 – Параметры полосы пропускания для различных сервисов на ЖДТ

№	Наименование сервиса (Соответствующая система)	Технические параметры полосы пропускания, Mbps (среднее значение)
1	Контроля	0,1
2	Оперативное голосовое оповещение	0,15
3	Видеонаблюдение	0,05
4	Доступ в интернет	10

При разработке автоматизированных систем видеонаблюдения для ИнОб ЖДТ необходимо на первом этапе жизненного цикла подобной системы учесть все факторы, которые могут сказаться на качестве передаваемой информации, как для диспетчера ЦУД, так и непосредственно поездной бригаде. К наиболее важным факторам можно отнести такие погрешности:

- фотосенсоров видеокамер;
- квантования видеосигнала;
- вносимые линиями связи;
- от плохих внешних условий, например, погодных или иных;
- от шума фотоприёмника.

Чтобы обеспечить допустимый уровень дисперсионного искажения и затухания сигнала от видеокамеры, она должна быть расположена как можно ближе к волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), см. рис. 6. В этом случае основные недостатки связаны с погрешностями в ВОЛС.

Если ставится задача не только передавать информацию в ЦУД, но и непосредственно в кабину поездной бригады (подвижный объект), то такая передача, априори предполагает задействование широкополосных радиоканалов.

В настоящее время в Казахстане поездная радиосвязь (ПРС) во многом еще построена на аналоговой симплексной системе. Это дает возможность передавать голосовые команды от диспетчера ЦУД поездной бригаде, но эта технология не предусматривает передачу видео сообщений.

Выводы

Выполнен обзор и анализ систем автоматического наблюдения на инфраструктурных объектах ЖДТ. Обоснована актуальность решения задачи дополнения автоматических систем видеонаблюдения и фиксации нарушений интеллектуальными информационными технологиями, позволяющими автоматически повысить качество получаемых изображений.

Показано, что для принятия правильных решений, поездной бригаде необходимо оперативно оценивать обстановку на основании не только данных

диспетчера и визуального контроля, но и с помощью автоматизированных систем интеллектуального видеонаблюдения (СИВ), которые можно интегрировать в системы управления движением на железных дорогах.

Показано, что наиболее рациональным вариантом организации СИВ на инфраструктурных объектах ЖДТ (переезды, мосты, тоннели и т.п.) может стать вариант на основе технологии Wi-Fi. При этом организация передачи данных поездной бригаде, в том числе видеоданных реализуется посредством прямого канала (видеокамера-ИнОб ЖДТ-машинист).

Список использованных источников

1 **Шматченко, В. В., Иванов, В. Г., Новойцев, В. В., Зименкова, Т. С., Сеньковский, О. А.** Проблемы безопасности высокоскоростных железнодорожных пассажирских транспортных систем. Транспорт Российской Федерации. – 2019. – С. 22–30. – № 5(84).

2 **Журавлёва, Л. М., Журавлева, Л. М., Журавлева, О. Е., Лошкарев, В. Л., Курьянцев, Д. Г.** Сетевая архитектура систем видеонаблюдения на железнодорожном транспорте. Автоматика, связь, информатика. – 2018. – 14–18. – С.

3 **Борисова Е. С.** Анализ рынка видеонаблюдения на железнодорожном промышленном транспорте. Аллея науки. – 2017. – 98–102. – 1.10

4 **Ивашевский, М. Р.** Системы видеонаблюдения на железнодорожном транспорте. Мир транспорта. – 2020. – 298–314.

5 **Стяжков, С. Ю.** Интеллектуальные системы видеонаблюдения // планирование, проведение и интерпретация результатов научно-технических исследований. – 2020. – С. 36–38.

6 **Журавлёва, Л. М. и др.** Использование систем интеллектуального видеонаблюдения. Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 9. – С. 13–15.

7 **Ивашевский, М. Р.** Повышение качества сигналов системы интеллектуального видеонаблюдения / Л. М. Журавлева, М. Р. Ивашевский, Д. Г. Курьянцев, В. Л. Лошкарев. Проектирование и технология электронных средств. – 2018. – № 1. – С. 37–44.

8 **Гладько, С. И., Марьясов, С. А.** Разработка системы видеонаблюдения для железнодорожной станции. Молодежная наука как фактор и ресурс опережающего развития. – 2019. – С. 89–93.

9 **Рожков, П.** Актуальные системы охранного видеонаблюдения от компании Axis Communications. T-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. – 2009. – №. 3. – С. 11–15.

10 **Журавлёва, Л. М. и др.** Видеонаблюдение на базе сети мобильной связи. Автоматика, связь, информатика. – 2019. – №. 9. – С. 19–22.

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

References

1 **Shmatchenko, V. V., Ivanov, V. G., Navojcev, V. V., Zimenkova, T. S., Sen'kovskij, O. A.** Problemy bezopasnosti vysokoskorostnyh zheleznodorozhnyh passazhirskih transportnyh sistem. Transport Rossijskoj Federacii [Safety problems for high-steel rail passenger transport systems. Transport of the Russian Federation.]. – 2019. – P. 22–30. – Vol. 5(84).

2 **Zhuravljova, L. M. Zhuravleva, L. M., Zhuravleva, O. E., Loshkarev, V. L. Kur'jancev, D. G.** Setevaja arhitektura sistem videonabljudenija na zheleznodorozhnom transporte. Avtomatika, svjaz', informatika [Network architecture of video surveillance systems in railway transport. Automation, communication, informatics]. – 2018. – P. 14–18.

3 **Borisova, E. S.** Analiz rynka videonabljudenija na zheleznodorozhnom promyshlennom transporte. Alleja nauki [Analysis of the video surveillance market in railway industrial transport. Alley of Science.]. – 2017. – P. 98–102, P. 1.10

4 **Ivashevskij, M. R.** Sistemy videonabljudenija na zheleznodorozhnom transporte. Mir transporta. [Video surveillance systems for railway transport. The world of transport]. -2020. – p.298–314.

5 **Stjazhkov, S. Ju.** Intellektual'nye sistemy videonabljudenija // Planirovanie, provedenie i interpretacija rezul'tatov nauchno-tehnicheskih issledovanij. [Intelligent video surveillance systems // Planning, conducting and interpreting the results of scientific and technical research]. – 2020. – P. 26–38.

6 **Zhuravljova, L. M. i dr.** Ispol'zovanie sistem intellektual'nogo videonabljudenija // Avtomatika, svjaz', informatika. [Use of intelligent video surveillance systems. Automation, communication, informatics]. – 2017. – № 9. – P. 13–15.

7 **Ivashevskij, M. R.** Povyshenie kachestva signalov sistemy intellektual'nogo videonabljudenija / L. M. Zhuravleva, M. R. Ivashevskij, D. G. Kur'jancev, V. L. Loshkarev. Proektirovanie i tehnologija jelektronnyh sredstv [Improving the quality of signals from the intelligent video surveillance system / L. M. Zhuravleva, M. R. Ivashevsky, D. G. Kuryantsev, V. L. Loshkarev. Design and technology of electronic devices.]. – 2018. – № 1. – P. 37–44.

8 **Glad'ko S. I., Mir'jasov, S. A.** Razrabotka sistemy videonabljudenija dlja zheleznodorozhnoj stancii. Molodezhnaja nauka kak faktor i resurs operezhajushhego razvitija [Development of a video surveillance system for a railway station. Youth Science as a Factor and Resource of Advanced Development]. – 2019. – P. 89–93.

9 **Rozhkov, P.** Aktual'nye sistemy ohrannogo videonabljudenija ot kompanii Axis Communications. T-Comm-Telekommunikacii i Transport [Actual

security video surveillance systems from Axis Communications. T-Comm-Telecommunications and Transportation]. – 2009. – № 3. – P. 11–15.

10 **Zhuravljova, L. M. i dr.** Videonabljudenie na baze seti mobil'noj svjazi //Avtomatika, svjaz', informatika [Video surveillance based on a mobile network. Automation, communication, informatics] – 2019. – № 9. – P. 19–22.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Д. В. Исайкин[1], К. Т. Сауанова[2]

Қауіпті теміржол учаскелерін бақылаудың интеллектуалды технологиялары негізінде бейнебақылау камераларын ультра жоғары ажыратымдылықты суреттерді алу мәселелерін шешу әдістерін талдау

[1]Қазақ қатынас жолдары университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;
[2]Алматы Энергетика және Байланыс университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

Материал 30.09.20 баспаға түсті.

D. V. Isaikin[1], K. T. Sauanova[2]

Analysis of methods for solving the problem of obtaining ultra-high-resolution images from video surveillance cameras based on intelligent technologies for monitoring hazardous railway sections

[1]Kazakh University of Railway Transport,
Republic of Kazakhstan, Almaty;
[2]Almaty University of Power Engineering & Telecommunications,
Republic of Kazakhstan, Almaty.

Material received on 30.09.20.

Мақалада теміржолдың қауіпті учаскелерін бақылауға арналған бейнебақылау камераларының кескіндерін алу мәселелерін шешудің әдістеріне шолу мен талдау жасалған. Автоматты бейнебақылау жүйелерін толықтыру және алынған кескіндердің сапасы мен оның шешілуін автоматты түрде әсақсартатын бұзушылықтарды интеллектуалды ақпараттық технологиялармен түзету мәселесін шешудің өзектілігі дәлелденді.

Кілтті сөздер: бейнебақылау жүйелері, бақылау, теміржол көлігі, интеллектуалды технологиялар, суреттердің ажыратылымдығы.

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

The article provides an overview and analysis of methods for solving the problem of obtaining images from video surveillance cameras for monitoring dangerous sections of railways. The urgency of solving the problem of supplementing automatic video surveillance systems and fixing violations with intelligent information technologies, which automatically improve the quality of the resulting images and its resolution, is substantiated.

Keywords: video surveillance systems, monitoring, rail transport, intelligent technology, image resolution.

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

АЛЫНЫП ТАСТАЛДЫ / ОТОЗВАНА

МРНТИ 44.37.03

https://doi.org/10.48081/WHWE6617

Ж. Ж. Калиев[1], У. Н. Султанбаев[2], Ә. Е. Ұйқас[3]

[1,2]Казахская академия транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева, Республика Казахстан, г. Алматы;

[3]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

При создании солнечной фотоэлектрической станции сначала необходимо смоделировать мощность солнечного света в течение года для каждого дня определенной области и найти предельный ток для каждого дня года и каждого часа дня. В данной работе были использованы компьютерная программа PVsyst и модуль интерактивной обработки данных NASA, с помощью которого вычислялась солнечная энергия по всей стране и создавались видеокарты. Этот метод позволяет упростить процессы расчета энергетических ресурсов всей страны в кратчайшие сроки. При расчете солнечной электростанции использовалась информация о ежедневном поступлении солнечной энергии для г. Алматы в соответствии с данными программного обеспечения PVsyst. Данные для анализа солнечной энергии были получены в течение 1 года. Зная значения солнечной энергии за такой длительный период, можно с высокой вероятностью рассчитать выходные характеристики электроэнергии солнечной панели. Для выбранной Алматинской области проведено моделирование маломощной солнечной станции. Были рассчитаны статистические характеристики суточной солнечной радиации за год выбранного региона, а также на основе климатических данных была рассчитана энергоэффективность одной солнечной панели. Определен оптимальный угол установки фотоэлектрических панелей, равный 43 градусам для стационарной солнечной станции.

Ключевые слова: солнечная электростанция, выходная мощность солнечной панели.

Введение

При создании солнечной фотоэлектрической станции, сначала необходимо смоделировать мощность солнечного излучения в течение года для каждого дня для данной области и найти пороговый ток каждого дня года и каждого часа дня.

При расчете солнечной электростанции, была использована информация ежедневного поступления солнечной энергии для города Алматы согласно данным программного обеспечения PVsyst. Данные для анализа солнечной энергии были взяты за 1 год. Зная значения солнечной энергий за столь длительный период, можно расчитать с высокой долей вероятности выходные характеристики произведения электроэнергий солнечной панели (Ritek MM 200) в течения дня одного года, эти данные занесены в таблицы 1, 2, 3, а так же показано на рисунке 1.

Основная часть

Расчеты выходной мощности солнечной панели производилась на основе программы Matlab 2017. На рисунке 2 приведена структурная схема модели фотоэлектрической панели с номиналом 200 Вт. В качестве солнечной панели выбрали Ritek MM 200. Электрические характеристики солнечной панели:

– Максимальная выходная мощность MP (maximum power) – 200 Вт;
– Напряжение холостого хода V_{OC} – 32,97 В;
– Напряжение в точке максимальной мощности VMPP – 26.18 В;
– Ток короткого замыкание I_{SC} – 8,28 А;
– Ток в точке максимальной мощности I_{MPP} – 7,62 А;
– Количество солнечных ячеек – 54 шт.

Таблица 1 – Выходная мощность солнечной панели на основе радиационных данных

№ даты	Январь			Февраль			Март			Апрель		
	кВт*ч/м^2	°С	Вт*ч	кВт*ч/м^2	°С	Вт*ч	кВт*ч/м^2	°С	Вт*ч	кВт*ч/м^2	°С	Вт*ч
1	0,353	-5	98	0,353	-1	97	3,256	5	811	2,382	12	600
2	0,911	-6	255	0,588	0	162	1,765	4	469	5,968	12	1251
3	2,430	-6	652	1,911	0	512	1,943	3	515	4,555	12	1033
4	1,775	-6	488	1,416	-2	385	4,053	5	972	3,083	13	750
5	1,332	-7	372	1,140	-2	314	4,762	6	1096	1,546	14	398
6	0,539	-7	151	1,180	-1	315	3,602	7	876	3,216	14	775
7	1,872	-6	513	0,561	-1	329	2,598	7	661	2,895	11	716
8	0,749	-5	210	1,722	1	463	2,620	6	669	5,807	12	1229
9	0,561	-4	156	2,381	-1	629	2,504	7	640	3,372	14	786
10	0,677	-5	188	2,568	-1	674	1,746	8	457	5,477	16	1160

11	2,314	-5	622	3,097	-1	795	1,258	5	338	6,047	16	1238
12	1,419	-5	400	1,269	-2	349	4,593	5	1071	5,955	17	1220
13	1,965	-6	536	1,571	-1	427	5,426	7	1200	6,976	18	1338
14	0,987	-6	277	2,541	0	665	5,312	7	1182	3,133	18	745
15	1,142	-5	318	2,428	1	636	3,401	7	835	2,723	16	665
16	2,158	-6	585	2,613	1	680	2,172	6	564	4,355	16	982
17	0,969	-6	272	1,606	1	433	2,401	7	616	6,728	15	1330
18	2,476	-7	667	3,727	0	926	2,600	6	664	6,622	15	1317
19	2,415	-7	651	3,981	0	977	1,184	6	317	4,512	16	1009
20	2,054	-7	561	2,062	2	546	2,231	7	576	2,332	16	579
21	1,816	-7	500	0,451	2	123	4,671	10	1062	3,304	18	779
22	0,452	-7	127	2,283	2	599	3,703	13	874	5,756	18	1188
23	2,651	-6	708	4,043	1	981	2,974	13	727	5,188	18	1107
24	2,898	-7	767	2,567	2	666	2,714	13	671	1,374	19	349
25	2,980	-7	785	3,876	1	952	1,515	13	392	3,508	20	812
26	2,887	-8	766	3,623	2	897	3,866	14	905	6,664	19	1297
27	0,944	-8	267	3,808	4	928	3,726	11	886	4,432	20	978
28	1,729	-8	480	1,715	3	458	5,849	12	1233	5,693	17	1185
29	2,270	-7	618				4,878	12	1088	5,169	17	1109
30	0,442	-6	124				0,787	13	206	6,528	17	1298
31	0,930	-6	261				4,190	14	969			

Таблица 2 – Выходная мощность солнечной панели на основе радиационных данных

№ даты	Май			Июнь			Июль			Август		
	кВт*ч/м^2	°С	Вт*ч	кВт*ч/м^2	°С	Вт*ч	кВт*ч/м^2	°С	Вт*ч	кВт*ч/м2	°С	Вт*ч
1	4,685	18	1028	8,578	24	1030	8,678	29	1406	6,115	29	1170
2	3,959	19	900	8,666	24	1445	8,090	28	1371	6,606	30	1220
3	6,254	18	1253	4,890	24	1032	5,759	28	1132	4,356	29	926
4	3,198	19	755	3,674	24	829	5,181	28	1055	8,064	29	1361
5	7,504	21	1371	7,860	25	1375	8,864	28	1427	8,046	30	1352
6	7,573	20	1385	6,943	25	1287	6,509	28	1170	3,678	30	809
7	4,752	20	1030	4,893	25	1028	2,805	29	647	4,323	30	916
8	5,059	21	1072	6,941	26	1280	3,443	30	766	6,765	30	1236
9	3,744	21	853	6,224	26	1247	4,950	30	1012	4,513	30	946
10	5,518	20	1144	4,719	26	997	5,120	30	1036	5,152	30	1041
11	3,717	21	848	4,748	26	1001	4,184	30	894	5,203	28	1058
12	5,336	21	1113	8,295	25	1410	7,871	29	1346	4,167	26	908
13	3,724	22	846	6,085	26	1185	5,481	29	1091	6,656	28	1238
14	3,915	22	880	6,999	26	1287	5,235	28	1062	6,797	27	1259
15	7,409	23	1348	8,561	25	1430	7,877	29	1346	7,151	27	1295

16	4,724	24	1007	8,793	25	1446	8,417	28	1396	6,802	27	1260
17	4,632	21	1006	7,702	25	1361	8,336	29	1382	6,781	28	1251
18	2,711	22	647	7,124	27	1292	8,450	29	1390	6,803	28	1253
19	5,772	21	1173	6,292	28	1197	7,083	28	1281	6,850	29	1251
20	7,628	21	1383	2,985	28	685	7,368	30	1295	5,108	29	1039
21	6,751	21	1293	3,119	28	711	7,638	30	1319	4,181	28	902
22	7,432	21	1364	3,966	28	866	8,328	28	1389	4,721	28	988
23	2,330	21	567	3,270	29	737	8,259	29	1376	6,537	28	1225
24	3,200	21	749	4,371	27	937	7,202	28	1293	3,459	28	776
25	5,373	22	1113	8,793	27	1430	6,002	28	1163	1,666	29	403
26	8,412	23	1434	8,672	27	1422	3,369	28	759	6,544	27	1232
27	7,550	23	1361	8,125	28	1373	4,352	29	925	5,485	26	1107
28	7,559	24	1355	5,351	28	1078	2,593	28	606	3,686	27	820
29	7,093	25	1303	4,908	27	1020	6,819	28	1255	3,927	28	859
30	8,716	25	1441	8,461	28	1399	5,678	29	1116	3,115	26	717
31	8,669	24	1446				4,948	29	1017	5,642	26	1128

Таблица 3 – Выходная мощность солнечной панели на основе радиационных данных

№ даты	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь		
	кВт*ч/м^2	°C	Вт*ч	кВт*ч/м^2	°C	Вт*ч	кВт*ч/м^2	°C	Вт*ч	кВт*ч/м^2	°C	Вт*ч
1	6,912	27	1271	5,169	20	1094	3,226	13	780	2,647	0	690
2	5,599	26	1122	2,937	20	699	3,090	13	752	1,083	0	297
3	6,049	26	1180	0,639	20	163	1,241	13	323	1,339	1	364
4	3,246	26	742	3,633	19	840	1,164	11	306	1,129	1	308
5	3,871	25	857	3,359	18	790	3,291	10	802	1,204	0	329
6	2,899	26	674	3,622	18	841	1,951	11	501	1,594	1	430
7	3,173	26	728	1,485	17	372	1,441	10	378	2,304	0	609
8	4,136	26	903	1,283	16	330	1,783	7	468	0,625	1	171
9	3,387	25	772	2,298	15	574	0,435	6	116	0,294	1	80
10	3,266	26	746	4,047	15	931	2,890	7	726	1,945	0	521
11	5,665	26	1131	4,710	16	1041	2,727	7	690	1,688	-1	457
12	5,505	25	1115	4,264	16	966	2,214	7	572	0,954	-2	264
13	2,985	23	700	1,879	17	473	1,379	6	368	1,135	-2	313
14	4,301	23	943	1,750	15	446	1,979	6	518	1,631	-1	443
15	2,689	23	639	2,638	14	652	0,480	5	129	1,314	0	359
16	2,417	22	584	3,124	14	756	0,616	5	166	0,877	0	241
17	4,961	23	1048	0,979	15	254	2,759	5	706	0,690	-1	190
18	5,594	22	1144	0,909	15	236	1,073	6	288	0,701	-1	194
19	4,976	23	1050	0,430	13	120	1,329	5	356	1,266	-1	347
20	4,032	22	901	1,963	14	499	1,161	3	314	0,778	-1	215

21	4,897	22	1043	2,472	13	618	2,726	3	700	1,658	0	448
22	5,440	21	1128	4,113	13	951	1,764	4	468	0,948	0	260
23	5,410	20	1129	4,056	13	941	0,232	4	62	0,824	-1	227
24	4,284	20	953	3,269	11	795	0,451	3	122	1,865	0	501
25	1,752	21	436	3,755	12	888	1,169	3	317	1,155	-2	318
26	4,013	20	905	2,209	13	558	0,940	2	256	1,871	-2	506
27	4,026	21	904	3,564	12	851	2,169	3	570	1,970	-1	529
28	4,599	20	1005	3,705	11	882	1,152	4	311	1,733	-1	469
29	2,628	19	637	1,711	11	443	2,372	3	618	0,898	0	247
30	5,490	19	1146	1,331	13	346	1,269	2	344	0,309	0	84
31				2,796	12	692				0,272	-2	74

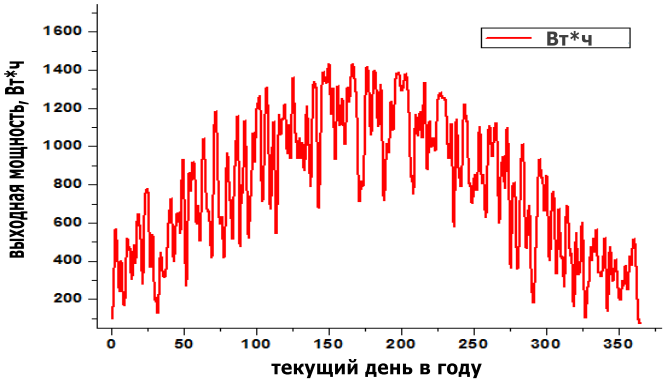


Рисунок 1 – Выходная мощность солнечной панели в течение года

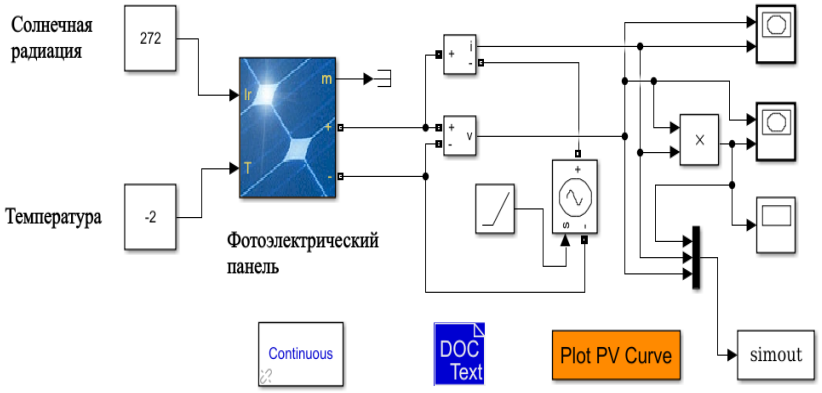


Рисунок 2 – Модель солнечной панели на основе программы Matlab

Так же, используя ниже приведенные расчетные формулы (1), можем прогнозировать электрические характеристики солнечных панелей в различных погодных условиях.

Пороговый ток – это минимальный ток, который генерируется солнечной панелью в облачную погоду. Используем известную формулу (1) для расчета солнечного излучения:

$$I = \eta_c I_0 = 1 + 0.034cos\left(2\pi\frac{n-1}{365}\right)I_0 \quad (1)$$

где η_c – поправочный коэффициент расстояния от Земли до Солнца;

n – день года, первый день года – 1 января;

I_0 – постоянная солнечного излучения, равная 1,37 кВт / м^2.

Если эффект рассеяния в атмосфере будет учтен, формула для интенсивности солнечного излучения в Алматы будет выглядеть следующим образом:

$$I = k\eta_c I_0 \sin(\alpha) \quad (2)$$

где, k – коэффициент рассеяния атмосферы, равный 0,3;

α – высота Солнца, которую можно найти по формуле (3):

$$\alpha = sin^{-1}\left(sin(\delta)sin(\varphi) + cos(\delta)cos(\varphi)cos\left(15^{\circ}(LST - -12)\right)\right) \quad (3)$$

где δ – склонение Солнца;

α – высота Солнца;

φ – географическая широта города Алматы, LST – местное солнечное время.

$$\delta = \sin^{-1}\left(\sin 23.45 \times \sin\left(\frac{360}{365}(d - 81)\right)\right) \quad (4)$$

где d – день года;

Общее количество солнечной инсоляции на 1 м^2 за год можно рассчитать по следующей формуле (5):

$$E = \int_0^n \int_{T_1}^{T_2} k\eta_c I_0 f(w) g(w) \sin(\alpha) dndT \quad (5)$$

где f (w) и g (w) являются факторами воздействия угла высоты и угла азимута соответственно.

Если используется система слежения за Солнцем, то f (w) и g (w) равны 1.

Используя формулу (5), а так же значение модели солнечного панеля, строим график зависимости солнечной инсоляции в течение дня, от номера дня в году, как показанный на рисунке 3.

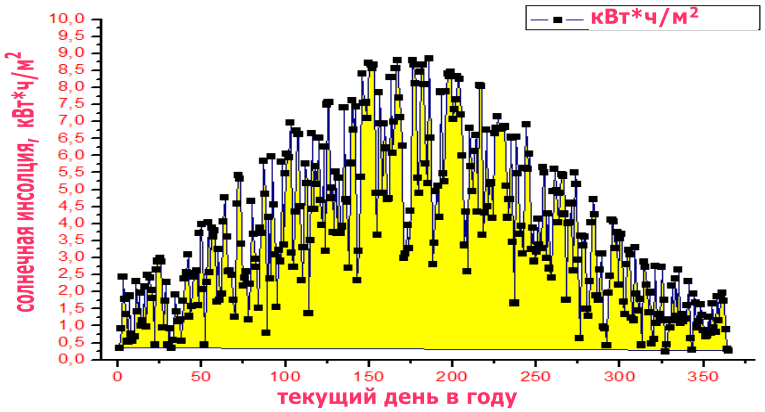


Рисунок 3 – Энергия солнечного излучения, падающего на 1 м^2 в течение одного года

На рисунке 4, 5 показаны сравнительные диаграммы средних показателей сезонных значений солнечной энергетики и произведение электроэнергий солнечной панели Ritek MM 200. Как мы видим из графика в летний период, солнечная интенсивность становиться намного больше по сравнению с остальными сезонами года. Так же в летние дни нарастает длительность светового времени.

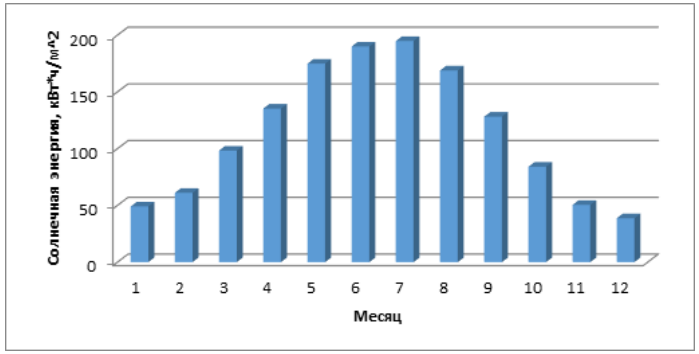


Рисунок 4 – Средняя солнечная энергия в месяц

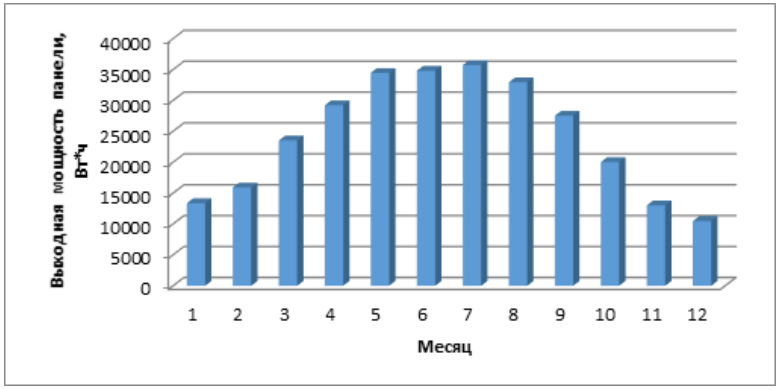


Рисунок 5 – Средняя выходная мощность солнечной панели Ritek MM 200

Далее мы должны найти оптимальный угол $\beta_{опт}$ установки фотоэлектрических панелей для каждого периода сезона года, а так же оптимальный угол для весь период года. Для этого мы используем формулу склонение солнце δ (4) и местную географическую широту φ=43,233, как указано ниже:

$$\beta_{опт} = \varphi - \delta \tag{6}$$

Расчеты угла склонения Солнца приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Угол склонения Солнце по месяцам

Месяц	Янв.	Февр.	Мар.	Апр.	Май.	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.
δ	-20,226	-12,411	-1,315	9,931	18,6705	22,638	20,555	13,0795	2,44	-8,9265	-18,2215	-22,4775

Расчеты угла наклона солнечной панели занесены в таблицу 5 и годовой оптимальный угол наклона панеля указано на рисунке 5.

Таблица 5 – Оптимальный угол наклона установки солнечной панели

Месяц	Янв.	Февр.	Мар.	Апр.	Май.	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.
$\beta_{опт}$	63,459	55,644	44,548	33,302	24,5625	20,595	22,678	30,1535	40,793	52,1595	61,4545	65,7105

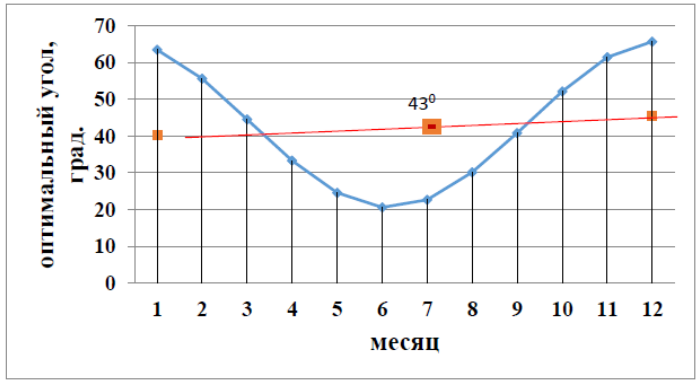


Рисунок 5 – Оптимальный угол установки солнечных панелей

Как видно на рисунке 5 оптимальный годовой угол наклона установки солнечной панели с помощью аппроксимаций. Годовой оптимальный угол наклона фотоэлектрической панели составлят 43 градусов для города Алматы.

Далее нео бходимо расчитать нужное количество фотоэлектрических панелей для построение солнечной электростанции, используя следующие значения. Для расчета площади солнечной батери, м^2:

$$S_{СЭС} = P_н / P_{СП} \tag{7}$$

где, $P_н$ – общая потребляемая нагрузка кВт,

$P_{СП}$ – выходная мощность одной солнечной панели кВт.

Соответсвенное количество солнечных панелей находим, шт:

$$N_{СП} = S_{СЭС} / S_{СП} \tag{8}$$

где, $S_{СП}$ – площадь одной солнечной панели.

Выводы

Для выбранной Алматинской области были произведены моделирование маломощной солнечной станции. Вычислены статистические характеристики суточных солнечных радиации в течение одного года выбранного региона, а так же вычислен энергопроизводимость одной солнечной панели на основе климатических данных. Определен оптимальный угол установки фотоэлектрических панелей, равным 43 градусу, для стационарной солнечной станции.

Список использованных источников

1 **Mohanty, P., Sharma, K. R., Gujar, M., Kolhe, M. and Azmi, A. N.** «PV system design for off-grid applications». In Solar Photovoltaic System Applications – A Guidebook for Off-Grid Electrification, P. Mohanty et. al, Eds. – Switzerland : Springer, 2016. – P. 1–191.

2 **Ishaque ZS. K.** A deterministic particle swarm optimization maximum power point tracker for photovoltaic system under partial shading condition In. IEEE Trans Ind Electron. – 2013; 60:3195 – 206.

3 **Divya K. Sugumaran G.** Intelligent control technique for MPPT of PV system. In Proceedings of the IEEE int Caracas conf devices, circuits syst (ICCDCS 2014) – 2014. – P. 1–5.

4 **Burdick, J., Schmidt, P.** Install Your Own Solar Panels : Designing and Installing a Photovoltaic System to Power Your Home. – North Adams, MA : Storey Publishing, 2017.

5 **Armstrong, S., Glavin, M. E., Hurley, W. G.** «Comparison of battery charging algorithms for stand alone photovoltaic systems». In Proc. IEEE Power Electronics Specialists Conf., 2008. – P. 1469–1475.

6 **Al Shemmary, E.N.A., Kadhom, L. M., Al-Fahham, W. J.** «Information technology and stand-alone solar systems in tertiary institutions». In Energy Procedia. – Vol. 36. – P. 369–379. – 2013.

7 **Mohanty, P., Gujar, M.** «PV component selection for off-grid applications». In Solar Photovoltaic System Applications – A Guidebook for Off-Grid Electrification, P. Mohanty et. al, Eds. – Switzerland : Springer, 2016. – P. 1–191.

8 **Ghafoor, A., Munir, A.** «Design and economics analysis of an offgrid PV system for household electrification». In Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol. 42. – P. 496–502. – 2015.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Mohantı, R., Sharma, R. K., Gýjar, M., Kolhe, M. and Azmı, A. N.** Avtonomdy qosymshalarǵa arnalǵan PV dızaın júıesi [PV system design for off-grid applications]. In Kún júıesinde fotoelektrlik qosymshalar-avtonomdy elektrlendirýge arnalǵan Anyqtamalyq, [Solar Photovoltaic System Applications]. – A Guidebook for Off-Grid Electrification. P. Mohanty et. al, Eds. – Switzerland : Springer, 2016. – P. 1–191.

2 **Ishak ZS. K.** Ishinara kóleńkeleý jaǵdaıynda fotoelektrlik júıe úshin maksımaldy qýat núktesiniń determınıstik bólshekterdiń rolyn ońtaılandyrý [A deterministic particle swarm optimization maximum power point tracker for photovoltaic system under partial shading condition]. In IEEE Trans Ind Electron. – 2013; 60:3195 – 206.

3 **Dıvá K. Sýgýmaran G.** Fotoelektrlik júıeniń MPPT ıntellektýaldy basqarý tehnıkasy [Intelligent control technique for MPPT of PV system]. In Proceedings of the IEEE int Caracas conf devices, circuits syst (ICCDCS 2014); 2014. – P. 1–5.

4 **Burdick, J., Schmidt, P.** Ózińizdiń kún panelderińizdi ornatyńyz : úıińizdi qýattandyrý úshin fotoelektrlik júıeni jobalaý jáne ornatý [Install Your Own Solar Panels: Designing and Installing a Photovoltaic System to Power Your Home]. – North Adams, MA : Storey Publishing, 2017.

5 **Armstrong, S., Glavın, M. E., Herlı, Ý. J.** Avtonomdy fotoelektrlik júıeler úshin batareıalardy zarádtaý algorıtmderin salystyrý [Comparison of battery charging algorithms for stand alone photovoltaic systems] In Proc. IEEE Power Electronics Specialists Conf. – 2008. – P. 1469–1475.

6 **Alshemmarı, E. N. A., Kadhom, L. M., Ál-Fahham, Ý. Dj.** Aqparattyq tehnologıalar jáne joǵary oqý oryndaryndaǵy derbes kún júıeleri [Information technology and stand-alone solar systems in tertiary institutions]. – Energy Procedia. Vol. 36. – P. 369–379. – 2013.

7 **Mohantı, P., Gýdjar, M.** Avtonomdy qosymshalar úshin PV komponentterin tańdaý [PV component selection for off-grid applications». In Kún júıesinde fotoelektrlik qosymshalar-avtonomdy elektrlendirýge arnalǵan Anyqtamalyq. Solar Photovoltaic System Applications]. – A Guidebook for Off-Grid Electrification, P. Mohanty et. al, Eds. – Switzerland : Springer, 2016. – P. 1–191.

8 **Ǵafýr, A., Mýnır, A.** «Úı sharýashylyǵyn elektrlendirýge arnalǵan jelilik emes fotoelektrlik júıeni jobalaý jáne ekonomıkalyq taldaý [Design and economics analysis of an offgrid PV system for household electrification]. In Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol. 42. – P. 496–502. – 2015.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Ж. Ж. Калие[в1], У. Н. Султанбаев[2], Ә. Е. Ұйқас[3]

Тиімді фотоэлектрлік станцияны модельдеу

[1,2]М. Тынышбаев атындағы
Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;
[3]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

Zh. Zh. Kaliyev[1], U. N. Sultanbaev[2], A. E. Uikas[3]

Simulation of an efficient photovoltaic station

[1,2]Kazakh Academy of transport and communication
named after M. Tynyshpayev,
Republic of Kazakhstan, Almaty;
[3]al-Farabi Kazakh National University,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 30.09.20.

Күн фотоэлектрлік станциясын құру кезінде алдымен белгілі бір аймақтың әр күні үшін жыл бойына күн сәулесінің қуатын модельдеу керек және жылдың әр күні мен күннің әр сағатының шекті тогын табу керек. Бұл жұмыста PVsyst компьютерлік бағдарламасы және NASA деректерді интерактивті өңдеу модулі қолданылды, оның көмегімен күн энергиясы бүкіл ел бойынша есептелді және графикалық карталар жасалды. Бұл әдіс бүкіл елдің энергетикалық ресурстарын қысқа мерзімде есептеу процестерін жеңілдетуге мүмкіндік береді. Күн электр станциясын есептеу кезінде PVsyst бағдарламалық қамтамасыз ету деректеріне сәйкес Алматы қаласы үшін күн энергиясының күнделікті түсуі туралы ақпарат пайдаланылды. Күн энергиясын талдауға арналған деректер 1 жыл ішінде алынды. Осындай ұзақ кезеңдегі күн энергиясының мәндерін біле отырып, күн панелінің электр энергиясының шығыс сипаттамаларын жоғары ықтималдықпен есептеуге болады. Таңдалған Алматы облысы үшін қуаты аз күн станциясын модельдеу жүргізілді. Таңдалған аймақтың бір жылындағы күнделікті күн радиациясының статистикалық сипаттамалары есептелді, сонымен қатар климаттық мәліметтер негізінде бір күн панелінің энергия тиімділігі есептелді. Стационарлық күн станциясы үшін 43 градусқа тең фотоэлектрлік панельдерді орнатудың оңтайлы бұрышы анықталды.

Кілтті сөздер: күн электр станциясы, күн панелінің шығыс қуаты.

Creating a solar photovoltaic station, first need to modelling the power of sunlight during the year for each day of a certain area and find the current limit for each day of the year and each hour of the day. In this work, we used the PVsyst computer program and the NASA interactive data processing module, which was used to calculate solar energy across the country and create video cards. This method makes it possible to simplify the processes of calculating the energy resources of the entire country in the shortest possible time. When calculating the solar power plant, information about the daily solar energy supply for Almaty was used in accordance with the data of the PVsyst software. Data for the analysis of solar energy was obtained within 1 year. Knowing the values of solar energy over such a long period, it is possible to calculate the output characteristics of the solar panel's electricity with high probability. A low-power solar station was modeled for the selected Almaty region. Statistical characteristics of daily solar radiation for the year of the selected region were calculated, and the energy efficiency of a single solar panel was calculated based on climate data. The optimal angle of installation of photovoltaic panels, equal to 43 degrees for a stationary solar station, is determined.

Keywords: solar power plant, solar panel output power.

МРНТИ 73.29.71

https://doi.org/10.48081/BFOJ5102

К. Ж. Калиева, З. К. Джабагина, Г. Т. Асканбай
Казахская академия транспорта и коммуникации имени М.Тынышпаева, Республика Казахстан, г. Алматы

ОСОБЕННОСТИ СИММЕТРИРОВАНИЯ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДОРОГ 2×25 КВ

В данной работе приведен один из способов регулирования напряжения на тяговой сети с использованием применения продольной и поперечной емкостной компенсации путем симметрирования токов и напряжения по прямой и обратной последовательности на шинах тяговой подстанции.

Несимметричный режим в тяговой сети может быть вызван в несимметрией как источников, так и потребителей электрической энергии. При симметричном режиме должно быть равномерное распределение несимметричной нагрузки по фазам, что достигается применением специальных мер симметрирования.

Поэтому установка поперечной емкостной компенсации в тяговых сетях решает такие задачи как компенсация реактивной мощности и симметрирование тяговой нагрузки.

На тяговых подстанциях электрифицированных желехных дорог необходима компенсация реактивной мощности прямой последовательности и симметрирование, то в этих тяговых сетях примененяются однофазные установки поперечной ёмкостной компенсации, включаемые на отстающую фазу трансформатора.

Предлагаемый способ позволяет уменьшать реактивное сопротивление сети за счёт компенсации индуктивного сопротивления линии, трансформатора, контактной сети ёмкостным сопротивлением конденсаторов и соответственно улучшается качества электроэнергии в тяговой сети.

В данной статье произведены расчеты токи прямой последовательности и обратной последовательности тяговой нагрузки после включения установки поперечной ёмкостной компенсации и коэффициент несимметрии токов при включении на отстающую фазу установки поперечной ёмкостной компенсации с установленной мощности. Из полученных расчётных данных видно, что за счёт включения установки поперечной ёмкостной компенсации ток обратной последовательности, коэффициент несимметрии токов, ток прямой последовательности уменьшается.

Ключевые слова: система электроснабжения, тяговая подстанция, поперечная емкостная компенсация.

Введение

Система электроснабжения 2×25 кВ имеет ряд достоинств по сравнению с обычной системой переменного тока 25 кВ: меньшие нагрузки на провода контактной сети и потери напряжения и энергии в тяговой сети, уменьшенные влияния на линии связи.

Электрические железные дороги представляют собой несимметричный приёмник электрической энергии с несинусоидальной формой кривой потребления тока, с низким коэффициентом мощности и резко переменным характером нагрузки. Эти качества отрицательно влияют на уровень напряжения в тяговой сети [1].

Практика эксплуатации электрифицированных железных дорог показывает, что режим движения поездов и качество режима напряжения взаимосвязаны. Уровень напряжения и его отклонение влияют на скорость движения поездов и, следовательно, на экономические показатели работы железной дороги в целом.

Задача улучшения показателей качества напряжения в тяговой сети сводится к поддержанию его на оптимальном уровне, уменьшению отклонения напряжения от оптимального уровня, уменьшению несимметрии в тяговой сети электрических железных дорог.

Материалы и методы

В связи с этим возникает необходимость применения специальных мер по повышению уровня и стабилизации напряжения на шинах тяговых подстанций. Причём эффективность таких мер должна оцениваться и по их влиянию на снижение несимметрии напряжений, вызываемой тяговой нагрузкой.

Снижение потерь позволяет значительно увеличить расстояние между тяговыми подстанциями, что дает определенный экономический эффект, и располагать их в наиболее удобных для эксплуатации местах.

Эти преимущества определили направления, где используется система дороги с большой грузонапряженностью, пролегающие в малонаселенных районах, а также линии с высокоскоростным пассажирским движением, отличающиеся большими токами электроподвижного состава.

В системе электроснабжения 2×25 кВ, так же как и в системе 25 кВ, необходимо осуществлять симметрирование токов в линиях электропередачи. Это симметрирование выполняют циклическим изменением присоединения трансформаторов подстанций к фазам высоковольтной линии (вл), так называемая фазировка.

В схеме фазировки однофазных трансформаторов (рисунок 1) к шинам контактной сети подключают начала первых обмоток 27,5 кВ обоих трансформаторов, к шинам питающих проводов концы вторых обмоток. Концы первых обмоток соединяют с началами вторых и подключают к рельсам.

Несимметричный режим может быть вызван в общем случае несимметрией как источников, так и потребителей электрической энергии. При симметричном режиме должно быть равномерное распределение несимметричной нагрузки по фазам, что достигается применением специальных мер симметрирования.

Несимметричный режим может быть вызван в общем случае несимметрией как источников, так и потребителей электрической энергии. При симметричном режиме должно быть равномерное распределение несимметричной нагрузки по фазам, что достигается применением специальных мер симметрирования.

Одним из способов уменьшения несимметрии является использование установок поперечной ёмкостной компенсации (УППК).

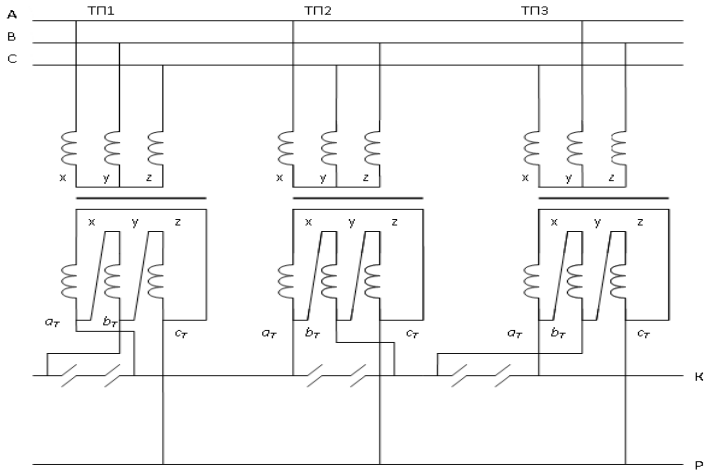


Рисунок 1 – Схема подсоединения тяговых подстанций к высоковольтной линии

Применение реактора объясняется с одной стороны, желанием разгрузить конденсаторы от высших гармоник токов электровозов, протекание которых по конденсаторам связано с повышенными потерями энергии в них, а с другой стороны целесообразностью шунтирования наибольших гармоник токов электровозов и недопущения их выхода в питающую сеть.

В трёхфазных сетях УППК выполняют трехфазными и их емкостную мощность равномерно распределяют по всем трём фазам, компенсируя передачу реактивной мощности от источника к потребителю (рисунок 2).

В тяговых сетях переменного тока перед установками поперечной емкостной компенсации ставят задачу [2] не только компенсации реактивной мощности, но и симметрирование тяговой нагрузки (компенсации мощности обратной последовательности).

Ввиду того, что на тяговых подстанциях переменного тока необходима компенсация реактивной мощности прямой последовательности и симметрирование, то в этих сетях нашли применение однофазные установки поперечной ёмкостной компенсации [3], включаемые на отстающую фазу трансформатора.

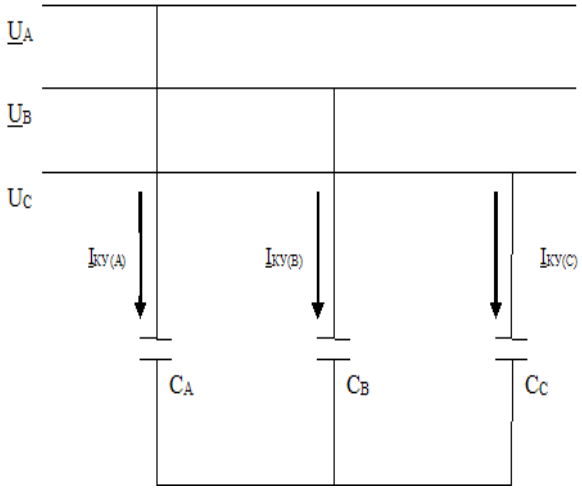


Рисунок 2 – УППК в а трехфазных сетях

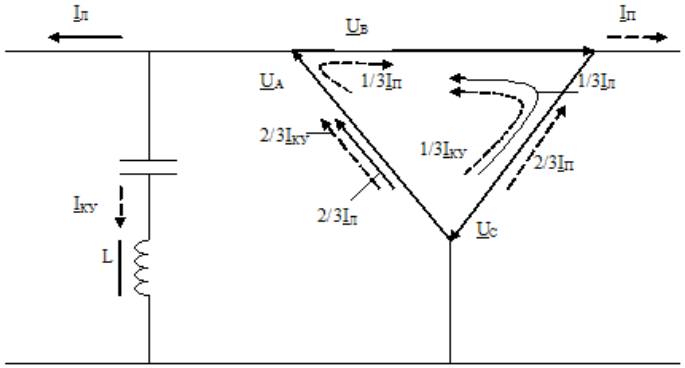


Рисунок 3 – Схемы включения УППК

Ток УППК распределится по фазам обмотки 27,5 кВ трансформатора следующим образом [2]:

$$\underline{I}_{КУ(А)} = \frac{2}{3}\ \underline{I}_{КУ} \quad (1)$$

$$\underline{I}_{КУ(В)} = -\frac{1}{3}\ \underline{I}_{КУ} \quad (2)$$

$$\underline{I}_{КУ(С)} = -\frac{1}{3}\ \underline{I}_{КУ} \quad (3)$$

Ток прямой последовательности ($\underline{I}_{КУа1}$) и ток обратной последовательности ($\underline{I}_{КУа2}$) определятся следующим образом:

$$\underline{I}_{КУа1} = \frac{1}{3}\left(\underline{I}_{КУ(А)} + a\underline{I}_{КУ(В)} + a^2\underline{I}_{КУ(С)}\right) \quad (4)$$

$$\underline{I}_{КУа2} = \frac{1}{3}\left(\underline{I}_{КУ(А)} + a^2\underline{I}_{КУ(В)} + a\underline{I}_{КУ(С)}\right) \quad (5)$$

Установка поперечной емкостной компенсации является нерегулируемой обладает неизменным комплексным сопротивлением $\underline{Z}_{КУ}$, пренебрегая активным сопротивлением конденсатора и реактора УППК, можно считать:

$$\underline{Z}_{КУ} = \frac{1}{j\omega C} + j\omega L = -j\left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right) = j(X_C - X_L), \quad (6)$$

где X_C и X_L – сопротивления соответственно конденсатора и реактора УППК на частоте 50 Гц.

Реактор установки поперечной ёмкостной компенсации настраивается с ёмкостью УППК в резонанс напряжений по третьей гармонике:

$$3\omega L = \frac{1}{3\omega C}, \quad (7)$$

где ω =314 рад/с при f =50 Гц

Из формулы (7) следует, что

$$X_L = \omega L = \frac{1}{9\omega C} = \frac{1}{9}X_C \quad (8)$$

Ток конденсаторной установки определяется по формуле [4]:

$$I_{КУ} = \frac{U_{КУ}}{Z_{КУ}} = \frac{U_{КУ}}{X_C - X_L} \quad (9)$$

С учётом формулы (9) получаем:

$$I_{КУ} = \frac{U_{КУ}}{X_C - \frac{1}{9}X_C} = \frac{9}{8}\cdot\frac{U_{КУ}}{X_C} \quad (10)$$

Определим напряжение на конденсаторе [6]:

$$U_C = I_{КУ}\cdot X_C = \frac{9}{8}\cdot\frac{U_{КУ}}{X_C}\cdot X_C = \frac{9}{8}U_{КУ} \quad (11)$$

Напряжение на емкости УППК при наибольшем напряжении 29 кВ должно быть равно:

$$U_{C\,MAX} = \frac{9}{8}U_{КУ} = \frac{9}{8}29 = 32{,}7\ кВ$$

При номинальном напряжении 27,5 кВ напряжение на конденсаторе будет равно:

$$U_{C\,ном} = \frac{9}{8} U_{КУ} = \frac{9}{8} 27{,}5 = 31\,кВ$$

Определим наибольшую установленную мощность конденсатора УППК:

$$Q_{C\,УСТ} = U_{C\,МАХ} \cdot I_{КУ\,МАХ} = \frac{9}{8} \cdot 29 \cdot \frac{9}{8} \cdot \frac{29}{X_C} = \left(\frac{9}{8} \cdot 29\right)^2 \cdot \frac{1}{X_C} \quad (12)$$

Используемая ёмкостная мощность УППК при номинальных условиях определится:

$$Q_{C\,ИСП} = U_{C\,ном} \cdot I_{КУ\,ном} = \frac{9}{8} \cdot 27{,}5 \cdot \frac{9}{8} \cdot \frac{27{,}5}{X_C} = \left(\frac{9}{8} \cdot 27{,}5\right)^2 \cdot \frac{1}{X_C} \quad (13)$$

Следовательно, если УППК должна надёжно работать при 29 кВ, то генерируемая конденсаторами УППК мощность при номинальном напряжении 27,5 должна быть меньше установленной в 1.11раз.

Генерируемая мощность при номинальных условиях меньше установленной ёмкостной мощности УППК в 1,25 раза.

Результаты и обсуждение

Включение последовательно с конденсаторами УППК реактора приводит к снижению используемой мощности УППК. Сам реактор, настроенный с ёмкостью УППК в резонанс на третью гармонику согласно формуле, является для этой гармоники токов электровозов ветвью нулевого сопротивления (если пренебречь активным сопротивлением конденсаторов и реактора). В результате третья гармоника тяговой нагрузки от электровозов через тяговую сеть замыкается на УППК и практически не выходит в питающую сеть.

Следовательно, эффективным средством повышения качества напряжения в тяговой сети электрических железных дорог переменного тока и уменьшения несимметрии является применение устройств ёмкостной компенсации и специальных схем циклического изменения присоединения трансформаторов тяговых подстанций к высоковольтной линии для уменьшения несимметрии.

Определим ток прямой последовательности и ток обратной последовательности тяговой нагрузки после включения установки

поперечной ёмкостной компенсации и коэффициент несимметрии токов при включении на отстающую фазу установки поперечной ёмкостной компенсации с установленной мощностью $Q_{C\,УСТ} = 5{,}8\ МВАР$. Напряжение на установке поперечной ёмкостной компенсации равно 28 кВ. Ток прямой последовательности и ток обратной последовательности тяговой нагрузки соответственно равны (4 и 5):

$$\underline{I}_{a1} = 375\, e^{-j37}\ \text{А} \qquad \underline{I}_{a2} = 190{,}9\, e^{j263}\ \text{А}$$

1 Определим сопротивление конденсаторов установки поперечной ёмкостной компенсации:

$$X_C = \left(\frac{9 \cdot U_{МАХ}}{8}\right)^2 \cdot \frac{1}{Q_{C\,УСТ}} \quad (14)$$

$$X_C = \left(\frac{9}{8} \cdot 29\right)^2 \cdot \frac{1}{5{,}8} = 183{,}5\ Ом$$

2 Определим ток УППК по формуле (10):

$$\underline{I}_{КУ} = \frac{9}{8} \cdot \frac{U_{КУ}}{-jX_C}$$

$$\underline{I}_{КУ} = \frac{9}{8} \cdot \frac{28000}{183{,}5} = j167{,}8\ A$$

3 Определим токи по фазам обмоток трансформатора от УППК по формулам (1), (2), (3):

$$\underline{I}_{КУ(A)} = \frac{2}{3}\ j167{,}8 = j112\ A$$

$$\underline{I}_{КУ(B)} = -\frac{1}{3}\ j167{,}8 = -j56\ A$$

$$\underline{I}_{КУ(C)} = -\frac{1}{3}\ j167{,}8 = -j56\ A$$

4 Определим токи прямой и обратной последовательностей, генерируемые УППК, по формулам (4) и (5):

$$\underline{I}_{куа1} = \frac{1}{3}\left(j112{,}4\ A - a\frac{1}{3} j56 \quad - a^2 \frac{1}{3} j56 \right) = j56\ A$$

$$\underline{I}_{куа2} = \frac{1}{3}\left(j112{,}4\ A - a^2\frac{1}{3} j56 \quad - a\frac{1}{3} j56 \right) = j56\ A$$

5 Определим токи прямой и обратной последовательностей при наличии УППК учётом рассчитанных величин:

$$\underline{I}_{a1\Sigma} = \underline{I}_{a1} + \underline{I}_{ку\,a1} = 375\, e^{-j37} + j56 = 299{,}5 - j\,169{,}68 = 344{,}2\, e^{j29{,}5}\ \text{A}$$

$$\underline{I}_{a2\Sigma} = \underline{I}_{a2} + \underline{I}_{ку\,a2} = 190{,}9\, e^{j263} + j56 = -23{,}3 - j\,133{,}5 = 135{,}5\, e^{j260}\ \text{A}$$

6 Определим коэффициент несимметрии токов без включения УППК и при включении УППК:

$$\varepsilon_I = \frac{I_{a2}}{I_{a1}} = \frac{190{,}9}{375} = 0{,}5$$

$$\varepsilon_{I(УППК)} = \frac{I_{a2\Sigma}}{I_{a1\Sigma}} = \frac{135{,}5}{344{,}2} = 0{,}39$$

Таким образом, из расчёта видно, что за счёт включения УППК произошли следующие изменения:

– ток обратной последовательности уменьшился с 190,9 до 135,5А;

– коэффициент несимметрии токов уменьшился с 0,5 до 0,39;

– ток прямой последовательности уменьшился с 375А до 344,2А.

Следовательно, установки поперечной ёмкостной компенсации являются средством симметрирования тяговых нагрузок и компенсации реактивной мощности.

Выводы

Режим напряжения тяговой сети электрических железных дорог переменного тока зависит от качества электрической энергии.

Для трёхфазных цепей нормальный режим работы предполагает симметрию напряжения.

Для уменьшения несимметрии в системе электроснабжения 2×25 кВ рекомендуется применять специальные схемы циклического изменения присоединения трансформаторов тяговых подстанций к высоковольтной линии.

Эффективным средством повышения качества напряжения в тяговой сети электрических железных дорог переменного тока является применение продольной и поперечной ёмкостной компенсации. При применении продольной ёмкостной компенсации уменьшается реактивное сопротивление сети за счёт компенсации индуктивного сопротивления линии, трансформатора, контактной сети ёмкостным сопротивлением конденсаторов.

Список использованных источников

1 **Мамошин, А. Н.** Зимакова. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. – М. : Альянс, 2018.

2. **Герман, Л. А.** Продольная емкостная компенсация в системе тягового электроснабжения переменного тока: Учебник / – М. : МИИТ, 2009.

3 **Тамазов, А. И.** Несимметрия токов и напряжений, вызываемая однофазными тяговыми нагрузками. – М. : Транспорт, 1987.

4 **Марков, А. С.** Монтаж устройств электроснабжения электрических железных дорог. – М. : Транспорт, 1990.

References

1 **Mamoshin, A. N.** Zimakova. E`lektrosnabzhenie e`lektrificirovanny`x zhelezny`x dorog. [Mamoshin, A. N. Zimakova. Electricity supply for electrified railways.] – Moscow : Alliance, 2018.].

2 **German, L. A.** Prodol`naya emkostnaya kompensaciya v sisteme tyagovogo e`lektrosnabzheniya peremennogo toka : Uchebnik [Longitudinal capacitive compensation in the AC traction power supply system: Textbook]. – Moscow : MIIT, 2009.

3 **Tamazov, A. I.** Nesimmetriya tokov i napryazhenij, vy`zy`vaemaya odnofazny`mi tyagovy`mi nagruzkami [Unbalance of currents and voltages caused by single-phase traction loads.] – Moscow : Transport, 1987.

4 **Markov, A. S.** Montazh ustrojstv e`lektrosnabzheniya e`lektricheskix zhelezny`x dorog. [Installation of power supply devices for electric railways.] – Moscow : Transport, 1990.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Қ. Ж. Қалиева[1], З. Қ. Жабағина[2], Г. Т. Асқанбай[3]

2×25 кВ электр жолдарын электрмен жабдықтау жүйесіндегі токтар мен кернеулерді симметриялау ерекшеліктері

[1,2,3]М. Тынышпаев атындағы
Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

K. Zh. Kaliyeva[1], Z. K. Jabagina[2], G. T. Askanbai[3]

Features of current and voltage symmetry in electric road power supply system 2 × 25 kV

[1,2,3]Kazakh Academy of Transport and Communication
named after M. Tynyshpayev,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 30.09.20.

Бұл жұмыста тарту қосалқы станциясының шиналарында тікелей және кері реттіліктегі ток пен кернеуді симметриялау арқылы бойлық және көлденең сыйымдылық қарымталауды қолдана отырып, тарту желісіндегі кернеуді реттеудің бір әдісі келтірілген.

Тартымдық желідегі симметриялы емес режим электр энергиясының көздерінің де, тұтынушыларының да симметриялы еместігі туындауы мүмкін. Симметриялық режимде симметриялы емес жүктеменің фазалар бойынша біркелкі таралуы болуы керек, оған арнайы теңгерім шараларын қолдану арқылы қол жеткізіледі.

Демек, тарту желілерінде көлденең сыйымдылықты қарымталауды орнату реактивті қуатты өтеу және тарту жүктемесін теңестіру сияқты мәселелерді шешеді.

Электрлендірілген теміржолдардың тарту қосалқы станцияларында реактивтік қуатты тікелей дәйектілік пен теңдестіруді өтеу қажет, содан кейін бұл тарту желілерінде трансформатордың артта қалу фазасына қосылған бірфазалы көлденең сыйымдылықты қарысталаушылары қолданылады.

Ұсынылған әдіс желінің, трансформатордың, байланыс желісінің индуктивті кедергісін конденсаторлардың сыйымдылық кедергісімен өтеу арқылы желінің реактивтілігін төмендетуге мүмкіндік береді және сәйкесінше тарту желісіндегі электр энергиясының сапасын жақсартады.

Бұл мақалада көлденең сыйымдылықты қарымталауды артта қалу фазасына қосу кезінде көлденең сыйымдылықты қарымталау мен токтардың теңгерімсіздік коэффициентін орнатқаннан кейін тартылыс жүктемесінің оң реттілігі мен теріс реттілігінің токтары есептелінді. Алынған есептік мәліметтерден көлденең сыйымдылықты қарымталау қондырғысының қосылуына байланысты теріс реттілік тогы, ағымдағы теңгерімсіздік коэффициенті, оң тізбектілік тогының азаятындығын көруге болады.

Кілтті сөздер: электрмен жабдықтау жүйесі, тарту подстанциясы, көлденең сыйымдылықты өтеу.

In this paper, one of the methods of voltage regulation on a traction network using the use of longitudinal and transverse capacitive compensation by balancing currents and voltages in the direct and negative sequence on the traction substation buses is presented.

The asymmetric mode in the traction network can be caused in the asymmetry of both sources and consumers of electrical energy. In the symmetrical mode, there must be a uniform distribution of the asymmetric load over the phases, which is achieved by using special balancing measures.

Therefore, the installation of transverse capacitive compensation in traction networks solves such problems as compensation of reactive power and balancing the traction load.

At traction substations of electrified railways, compensation of reactive power of positive sequence and balancing is necessary, then in these traction networks single-phase installations of transverse capacitive compensation are used, connected to the lagging phase of the transformer.

The proposed method allows you to reduce the reactance of the network by compensating the inductive resistance of the line, transformer, contact network with the capacitive resistance of the capacitors and, accordingly, improves the quality of electricity in the traction network.

In this article, the currents of positive sequence and negative sequence of traction load are calculated after turning on the installation of transverse capacitive compensation and the coefficient of unbalance of currents when turning on the lagging phase of the installation of transverse capacitive compensation with the installed power. From the calculated data obtained, it can be seen that due to the inclusion of the installation of transverse capacitive compensation, the negative sequence current, the current unbalance coefficient, the positive sequence current decreases.

Keywords: power supply system, traction substation, transverse capacitive compensation.

МРНТИ 50.43.15

https://doi.org/10.48081/ADLK5505

И. О. Косяков
Казахский университет путей сообщения,
Республика Казахстан, г. Алматы

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОДНОЗОНАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С РЕГУЛИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ

В статье обсуждается необходимость использования автоматизированных систем кондиционирования воздуха в мобильных комплексах. Это связано с необходимостью размещения мобильного комплекса в месте, позволяющем проводить работы, а такие места могут располагаться в некомфортных для человека условиях. Система кондиционирования комплекса исследована как объект регулирования, представлена её обобщенная структурная схема с основными входными и выходными параметрами, а также составные части и процессы, протекающие при охлаждении и нагревании воздуха. В статье приводится пример реализации автоматизации однозонального кондиционера в мобильном комплексе методом регулировки производительности. Этот метод реализуется с помощью преобразователя частоты и позволяет значительно снизить пусковые токи, обеспечить эффективное потребление энергии и обеспечить высочайший уровень защиты компонентов от неожиданных аварий и поломок. В статье подробно описаны основные преимущества управления производительностью с помощью инвертора, а также показаны основные элементы защиты компрессора с помощью настроенной автоматики. Подробно рассмотрены временные диаграммы скоростей вентиляторов в процессе инверторного управления системой кондиционирования. Эти диаграммы показывают, что в методе управления мощностью инвертора может быть довольно большое количество рабочих скоростей. Отдельно приведена циклограмма защиты компрессора от перегрева, подтверждающая его высокую степень защиты. В конце статьи приведены выводы и общие результаты работы, показавшие, что инверторное управление является единственно

правильным выбором для автоматизации систем кондиционирования мобильных комплексов.

Ключевые слова: автоматизация, системы кондиционирования воздуха, регулировка производительности, частотный инвертор, повышение надежности.

Введение

Автоматизация систем кондиционирования мобильных комплексов является актуальной задачей, так как в современном мире мобильность имеет все большее значение, а мобильные комплексы применяются всеми видами силовых и не силовых структур для осуществления повседневной деятельности. Подобные комплексы как правило размещают в том месте, где удобно вести работы или выполнять ту или иную задачу, и данные места разумеется располагаются не в комфортных для человека условиях.

Именно поэтому важно обеспечить личный состав, ведущий работы в таком комплексе комфортными условиями, в частности, хорошей системой кондиционирования, которая бы обеспечивала необходимое охлаждение и нагрев комплекса. Исходя из личного опыта автора в производстве подобных комплексов в Казахстане, как правило, системы кондиционирования устанавливаются не промышленного назначения, и соответственно их качество работы и надежность в полевых условиях не могут быть гарантированы [1].

Объект исследования: мобильные комплексы.

Предмет исследования: системы кондиционирования мобильных комплексов.

Материалы и методы

Для осуществления автоматизации системы кондиционирования воздуха её нужно рассмотреть, как объект регулирования и выбрать наиболее оптимальный метод регулировки. Для решения подобной задачи подходит аналитический уровень, с помощью которого можно оценить все необходимые факторы.

При осуществлении процесса кондиционирования воздуха объектом регулирования является обслуживаемое помещение, в нашем случае это мобильный комплекс, в котором происходит изменение нормируемых параметров воздуха из-за влияния наружного воздуха и внутренних процессов. Задача системы кондиционирования воздуха – поддерживать нормируемые показатели.

Обобщенная структурная схема системы кондиционирования воздуха как объекта автоматизации показана на рисунке 1. Входными параметрами являются наружный воздух, тепло-, влаго- и холодоносители, электроэнергия, а также часть рециркуляционного воздуха, возвращаемого в помещение.

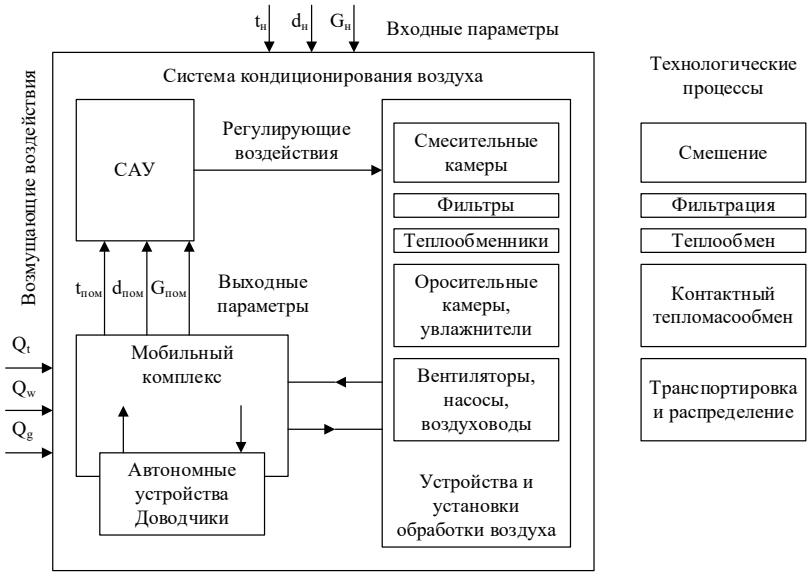


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема системы кондиционирования воздуха

Выходными параметрами являются температура в помещении $t_{пом}$, влагосодержание $d_{пом}$, а также расход воздуха $G_{пом}$. Система кондиционирования включает следующие основные элементы:

– регуляторы расхода воздуха (заслонки, шиберы, жалюзи);

– камеры смешения (смешение различных потоков воздуха);

– фильтры (механическая и биологическая очистка воздуха);

– теплообменники (теплообмен различных сред: воздух-воздух, хладагент-воздух, жидкость-воздух и др.);

– оросительные камеры и увлажнители (контактный тепломас-сообмен);

– вентиляционные сети (распределение и транспортировка воздуха).

Каждая конкретная система комплектуется, исходя из заданной технологии обработки приточного воздуха. Это могут быть простые вентиляционные системы или центральные кондиционеры в сочетании с автономными устройствами. Они доводят воздух, идущий от центрального кондиционера, до параметров, требуемых по нормам конкретного помещения.

Подвод и отвод воздуха в кондиционер и по помещениям производится по воздуховодам.

Результаты и их обсуждение

В кондиционерах мобильных комплексов целесообразно применять кондиционеры с регулируемой производительностью, в них производительность поддерживается на нужном уровне путем изменения частоты вращения двигателя компрессора. Подобный метод также позволяет экономить ток на пуске столь высокопроизводительной нагрузки как компрессор. Цепи питания мобильных комплексов очень чувствительны к высоким пусковым токам, так как их производительность рассчитана на минимальные нагрузки при запуске. В случае, если индуктивная нагрузка, такая как компрессор, будет включена на максимальную мощность, придётся подбирать схемы питания с 20–30 % запасом, что повлечет за собой дополнительные расходы при производстве. Также, дизель-генераторные установки, устанавливаемые в мобильных комплексах, помещаются во внутреннее пространство «на грани фола», и любое увеличение их мощности приведёт к невозможности установки подобного дизель-генератора.

Регулируемая производительность позволяет вместо периодических запусков и остановок компрессора осуществлять работу непрерывно, но с переменной скоростью, благодаря чему изменяется производительность, и в помещении поддерживается постоянная температура.

На рисунке 2 приведена принципиальная схема такого компрессора марки Bitzer. Изменение скорости вращения двигателя компрессора происходит путем изменения частоты напряжения питания двигателя преобразователем частоты (инвертором) [2, 3, 4].

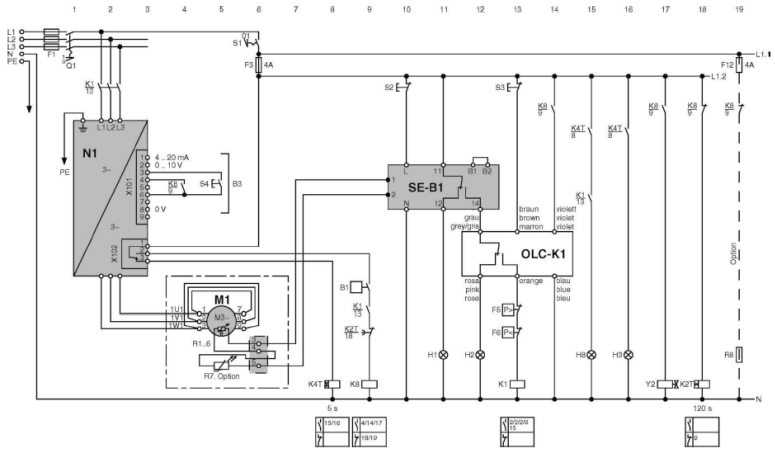


Рисунок 2 – Принципиальная схема компрессора с частотным инвертором компании Bitzer

Изменение частоты может осуществляться в диапазоне от 25 до 70 Гц. Это, а также наличие электронного ТРВ в общей схеме позволяет обеспечить точность поддержания температуры в помещении 0,5 °С.

Инверторное управление имеет следующие преимущества:

– в процессе регулировки производительности исключаются циклы включения/выключения компрессора;

– диапазон изменения холодопроизводительности одного кондиционера составляет от 6,54 до 19,23 кВт;

– пусковые токи уменьшаются до значений меньше рабочих;

– уменьшается износ механических деталей компрессора;

– увеличивается надежность и срок службы кондиционера;

– повышается точность поддержания температуры в помещении;

– обеспечивается быстрый выход па заданный температурный режим;

– повышается качество системы управления и защиты кондиционера.

Если кондиционер включен в режиме непрерывной работы, то частота вращения вентилятора внутреннего блока будет определяться текущей производительностью [5, 6].

Несмотря на то, что на пульте пользователь может выбрать одну из трех условных скоростей вентилятора, фактически может быть 7–8 скоростей (в соответствии с рисунком 3), которые выбираются автоматически в зависимости от внешних факторов.

Рисунок 3 – Пример изменения скорости вентилятора внутреннего блока

Осушение воздуха в помещении производится двумя способами: установкой на пульте автоматического режима работы либо выбором режима осушения [7].

В автоматическом режиме через определённое время после включения кондиционера определяется температура воздуха в помещении и вне помещения, после чего выбирается необходимый режим работы, пример подобного режима приведён на рисунке 4.

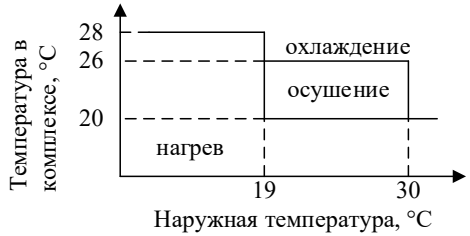


Рисунок 4 – Пример выбора режима работы

В режиме осушения за счет использования инверторного управления скоростью двигателя компрессора оптимизируется алгоритм работы кондиционера.

Так, в течение первых секунд после включения кондиционера происходит измерение разности между комнатной и установленной температурами $\Delta t_{ос}=t_{комн} - t_{уст}$.

Если $\Delta t_{ос} \leq -3$ °С, то включается режим обогрева помещения, а если $\Delta t_{ос} \geq -3$ °С – режим охлаждения. Величина Δtoc измеряется с определённым интервалом, и в зависимости от его значения выбирается соответствующий алгоритм работы кондиционера.

В различных кондиционерах бывают запрограммированы несколько диапазонов значений $\Delta t_{ос}$, в соответствии с которыми выбирается скорость вращения вентилятора внутреннего блока и холодопроизводительность (частота инвертора) кондиционера.

Если состояние температуры (влажности) будет соответствовать определенному диапазону, то в течение трех последующих минут компрессор и вентилятор наружного блока будут остановлены, вентилятор внутреннего блока будет остановлен на определённый интервал, а в оставшееся время будет вращаться с самой низкой скоростью.

Если состояние температуры (влажности) будет соответствовать другому диапазону, то в течение трех последующих минут вентилятор наружного блока будет включен, вентилятор внутреннего блока будет вращаться с максимальной скоростью, а на двигатель компрессора будет подаваться напряжение с нужной частотой.

Также в таких системах существует защита при низких оборотах компрессора. При частоте питающего напряжения компрессора ниже минимального диапазона частот в компрессор попадает недостаточно масла. При снижении частоты до этой частоты поступает команда на увеличение ее значения в течении нескольких секунд (одной минуты) до нужного значения. При этом скорость вентилятора внутреннего блока не изменяется [8, 9].

Важным элементом является защита при низкой частоте вращения двигателя компрессора. Если частота питающего напряжения компрессора будет оставаться меньше нужной в течение нескольких минут, то для обеспечения подачи масла в компрессор частота напряжения повысится до 60 Гц за двадцать-тридцать секунд. При этом скорость вращения вентилятора наружного блока не изменится.

Для уменьшения износа применяется защита от перегрева компрессора. Если температура головки компрессора превышает нормальную температуру, контроллер снижает частоту питающего напряжения компрессора на несколько Гц каждые несколько минут до тех пор, пока температура не снизится до нормальной (пример на рисунке 5).

Температура головки компрессора, °С

Рисунок 5 – Пример циклограммы защиты компрессора от перегрева

Защита от превышения давления нагнетания в режиме нагрева. Если датчик температуры на внутреннем теплообменнике зафиксирует температуру более n °С, то частота вращения компрессора будет уменьшаться на несколько Гц каждые несколько минут, пока система не вернется в нормальное состояние. Подобный режим работы будет аналогичен циклограмме на рисунке 4, но с другими интервалами.

Выводы

Системы кондиционирования воздуха являются одним из основных блоков для мобильных комплексов, так как они позволяют обеспечить комфортное пребывание личного состава в любых климатических условиях. Автоматизация однозонального кондиционера путём регулировки производительности является оптимальным решением для применения в мобильных комплексах, она имеет несколько важных преимуществ, одним из которых является отсутствие высоких пусковых токов. Также подобная

система вполне плавно способна обеспечить защиту компрессора от перегрева, превышения давления нагнетания и других неприятных факторов. Данный момент является важным элементом повышения общей надежности системы кондиционирования воздуха [10], так как в полевых условиях любой ремонт такой сложной структуры либо не представляется возможным, либо сопряжен с очень большими техническими трудностями.

Список использованных источников

1 **Косяков, И. О., Майлыбаев, Е. К., Батырканов, Ж. И., Кайнарбеков, А. К.** Разработка и проектирование схемы защитной автоматики кондиционера для применения в мобильных комплексах [Текст] // Журнал «Известия Кыргызского Государственного технического университета им. И. Раззакова». – №50. – С. 88–92.

2 **Кокорин, О. Я., Комисаров, В. В., Сафронов, О. В.** Энергосберегающие режимы приготовления приточного воздуха в комфортных системах кондиционирования [Текст] // Холодильная техника. – 2004. – №10. – С. 28–32.

3 **Е. С. Бондарь, А. С. Гордиенко, В. А. Михайлов, Г. В. Нимич.** Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] : Учебное пособие. – Киев : ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2005. – 560 с.

4 **В. М. Свистунов., Н. К. Пушняков.** Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства [Текст] : Учебник для вузов. – СПб. : Политехника 2001 – 423 с.

5 **Кашкаров, А. П.** Установка, ремонт и обслуживание кондиционеров [Текст]. – М. : ДМК ПРЕСС, 2019. – 120 с.

6 **Корх, Л.** Всё о кондиционерах [Текст]. – М., 2016. – 72 с.

7 **Рогов, В. А., Чудаков, А. Д.** Средства автоматизации и управления [Текст] : Учебник. – М., 2016. – 404 с.

8 **Смирнов, Ю. А.** Технические средства автоматизации и управления [Текст] : // Учебное пособие. – СПб., 2017. – 456 с.

9 **Ерофеев, А. А.** Теория автоматического управления [Текст] : Учебник для вузов. – М., 2008. – 302 с.

10 **Тетеревков, И. В.** Надежность систем автоматизации [Текст]. – М., 2019. – 357 с.

References

1 **Kosjakov, I. O., Majlybaev, E. K., Batyrkanov, Zh. I., Kajnarbekov, A. K.** Razrabotka i proektirovanie shemy zashhitnoj avtomatiki kondicionera dlja primenenija v mobil'nyh kompleksah. [Development and design of an air conditioner protective automatics circuit for use in mobile complexes] [Text]. In Magazine «Bulletin of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov». – № 50. – P. 88–92.

2 **Kokorin, O. Ja., Komisarov, V. V., Safronov, O. V.** Jenergosberegajushhie rezhimy prigotovlenija pritochnogo vozduha v komfortnyh sistemah kondicionirovanija. [Energy-saving modes of supply air preparation in comfortable air conditioning systems] [Text]. In Refrigeration technology. – 2004. – №10. – P. 28–32.

3 **Bondar', E. S., Gordienko, A. S., Mihajlov, V. A., Nimich, G. V.** Avtomatizacija sistem ventiljacii i kondicionirovanija vozduha [Automation of ventilation and air conditioning systems] [Text] : Textbook. – Kiev : TOV «Vidavnichy Budinok «Avanpost-Prim», 2005. – 560 p.

4 **Svistunov, V. M., Pushnjakov, N. K.** Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha agropromyshlennogo kompleksa i zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva [Heating, ventilation and air conditioning of the agro-industrial complex and housing and communal services] [Text] : Textbook for universities. – St. Petersburg : Polytechnic 2001. – 423 p.

5 **Kashkarov, A. P.** Ustanovka, remont i obsluzhivanie kondicionerov [Installation, repair and maintenance of air conditioners] [Text]. – Moscow : DMK PRESS, 2019. – 120 p.

6 **Korh, L.** Vsjo o kondicionerah [All about air conditioners] [Text]. – Moscow, 2016. – 72 p.

7 **Rogov, V. A., Chudakov, A. D.** Sredstva avtomatizacii i upravlenija [Automation and control facilities] [Text] : Textbook. – Moscow, 2016. – 404 p.

8 **Smirnov, Ju. A.** Tehnicheskie sredstva avtomatizacii i upravlenija [Technical means of automation and control] [Text] : Tutorial. – St. Petersburg, 2017. – 456 p.

9 **Erofeev, A. A.** Teorija avtomaticheskogo upravlenija [Automatic control theory] [Text] : Textbook for universities. – Moscow, 2008. – 302 p.

10 **Teterevkov, I. V.** // Nadezhnost' sistem avtomatizacii [Reliability of automation systems] [Text]. – Moscow, 2019. – 357 p.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

И. О. Косяков

Реттелетін өнімділігі бар жылжымалы кешендегі бір зоналы кондиционерді автоматтандыру

Қазақ қатынас жолдары университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

I. O. Kossyakov

Automation of a single-zone air conditioner in a mobile complex with adjustable performance

Kazakh University Ways of Communications,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 30.09.20.

Мақалада жылжымалы кешендерде ауаны кондиционерлеудің автоматтандырылған жүйесін қолдану қажеттілігі туралы айтылады. Бұл жылжымалы кешенді жұмысты жүргізуге мүмкіндік беретін жерде орналастыру қажеттілігінен туындайды және мұндай орындар адамға ыңғайсыз жағдайда орналасуы мүмкін. Кешеннің ауаны кондиционерлеу жүйесі реттеу объектісі ретінде зерттелген, оның негізгі кіріс және шығыс параметрлерімен, сондай-ақ ауаны салқындату және жылыту кезінде пайда болатын компоненттер мен процестермен жалпыланған құрылымдық сызбасы келтірілген. Мақалада өнімділікті түзету әдісімен жылжымалы кешендегі бір зоналы кондиционерді автоматтандыруды жүзеге асырудың мысалы келтірілген. Бұл әдіс жиілік түрлендіргішін қолдану арқылы жүзеге асырылады және ағындарды айтарлықтай төмендетуге, энергияны тиімді тұтынуды қамтамасыз етуге және компоненттерді күтпеген апаттар мен бұзылулардан қорғаудың жоғары деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Мақалада инвертор көмегімен қуаттылықты басқарудың негізгі артықшылықтары егжей-тегжейлі сипатталған, сонымен қатар бапталған автоматика көмегімен компрессорды қорғаудың негізгі элементтері көрсетілген. Кондиционерлеу жүйесін инвертормен басқару процесінде желдеткіш жылдамдығының уақыт диаграммалары егжей-тегжейлі қарастырылған. Бұл диаграммалар инвертор қуатын басқару әдісінде жұмыс жылдамдығы өте көп болуы мүмкін екенін көрсетеді. Сонымен қатар, оның жоғары дәрежеде қорғалуын растайтын, қызып кетуден компрессорлық қорғаныстың циклограммасы бар. Мақаланың соңында қорытындылар мен жұмыстың жалпы

нәтижелері келтірілген, бұл инверторлық басқару ұялы байланыс кешендерінің ауа баптау жүйелерін автоматтандырудың бірден-бір дұрыс таңдауы екенін көрсетті.

Кілтті сөздер: автоматика, ауаны баптау жүйелері, қуаттылықты басқару, жиілік инверторы, сенімділікті арттыру.

The article discusses the need for the use of automated air conditioning systems in mobile complexes. It is due to the need placing the mobile complex in the place that allows work to be carried out, and such places can be located in uncomfortable for human's conditions. The air conditioning system of the complex is investigated as an object of regulation, a generalized block diagram with the main input and output parameters, as well as components and processes occurring during air cooling and heating, is presented. The article provides an example of the implementation of automation of a single-zone air conditioner in a mobile complex by the method of performance adjustment. This method is realized by using a frequency inverter and is able to significantly reduce inrush currents, ensure efficient energy consumption and provide the highest level of component protection against unexpected accidents and breakdowns. The article describes in detail the main advantages of inverter performance control, and also shows the main elements of compressor protection using tuned automation. Considered in detail timing diagrams of fans speed in the process of inverter control of the air conditioning system. These diagrams show that in the inverter capacity control method, there can be quite a large number of operating speeds. Separately, a cyclogram of compressor overheating protection is given, which proves its high degree of protection. In the end of the article, gives conclusions and general results of the work that shown that inverter control is the only correct choice for mobile complexes air conditioning systems automatization.

Keywords: automation, air conditioning systems, capacity control, frequency inverter, reliability enhancement

МРНТИ 50.03.03

https://doi.org/10.48081/TQFL9541

Е. К. Майлыбаев[1], У. У. Умбетов[2]
[1]Казахский университет путей сообщения,
Республика Казахстан, г. Алматы;
[2]Международный казахско-турецкий университет
имени Ходжи Ахмеда Ясави,
Республика Казахстан, г. Туркестан

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

В статье рассматривается анализ научных работ, посвященных проблеме методики проведения предпроектного обследования работы железнодорожных станций (ЖДС). Во многих случаях обследование ЖДС требует выездов в командировки и имеет существенное ограничение по продолжительности выполнения, выделяемым человеческим и материальным ресурсам. Поэтому эффективность предпроектного обследования существенным образом зависит от правильной организации выполнения работ и установления взаимодействия между представителями разработчика и специалистами заказчика.

Таким образом, отсутствие единого подхода к обследованию ЖДС приводит к формальному описанию требований к автоматизированных систем АС в технических заданиях на их разработку. Следовательно, отсутствие единого подхода сказывается и дальнейших дополнительных затратах средств и времени на этапах разработки рабочих проектов и внедрения АС на ЖДС.

Ключевые слова: обследование, железнодорожная станция, автоматизированные системы.

Введение

Основным условием разработки эффективных проектных и технологических решений является детальное и системное исследование свойств и процессов функционирования объектов, на

которых осуществляется их внедрение. Одними из самых сложных объектов транспортной инфраструктуры являются магистральные и промышленные железнодорожные станции (ЖДС) и узлы. Выполнение их обследования является обязательным этапом перед разработкой проектов по их развитию, внедрению автоматизированных систем управления (АСУ), совершенствованию технологии работы, исследований по состоянию безопасности движения и др. Чрезвычайная важность этапа предпроектного обследования обусловлена тем, что в результате его выполнения не только получают исходные данные для дальнейшей работы проектировщиков, но и устанавливают необходимость изменений технического оснащения и технологии работы ЖДС, формируют требования заказчика к содержанию и объемам таких изменений.

Процедура обследования ЖДС при проектировании предусмотрена правилами и нормами, и при разработке технологии работы станции – типовыми технологическими процессами. Однако сам порядок выполнения такого обследования не раскрыт.

Учитывая вышесказанное, можем сделать вывод о необходимости разработки типовой методики предпроектного обследования объектов ЖДТ, которая содержала бы порядок сбора и обработки информации для проектирования ЖДС и разработки эффективных технологических процессов.

Анализ предшествующих исследований

Методики проведения предпроектного обследования ЖДС достаточно трудно поддаются типизации, поскольку их характер определяется конкретными целями и условиями выполнения работ. Однако их структура и содержание должны соответствовать общим требованиям и обеспечивать:

отображение всех видов данных, необходимых для анализа и подготовки итоговых документов обследования;

сопоставимость однотипных данных, полученных в ходе обследования различных подразделений ЖДС, информационных массивов, автоматизированных систем и т. д.;

однозначность понимания всеми участниками рабочей группы, которая проводит сбор данных, содержания и способа заполнения всех граф личных форм, например, в анкетах и опросных листах.

Указанные требования могут быть обеспечены подготовкой соответствующих личных форм, типизированных вариантов ответов, с краткими инструкциями по заполнению анкет и инструктажем или тренингом участников рабочей группы перед проведением такого обследования [1–4].

Целью предпроектного обследования ЖДС является сбор данных, необходимых для проектирования АС, в том числе необходимых для

обоснования целесообразности изменения технического оснащения ЖДС, предварительная оценка эффективности технических и технологических решений и предварительное формирование требований к проектным и технологическим решениям.

Проведение предпроектного обследования ЖДС призвано решить следующие задачи: сократить сроки и стоимость разработки проектных и технологических решений; способствовать достижению максимальной детализации требований к условиям надежности функционирования ЖДС, функционального состава систем и автоматизированных рабочих мест (АРМ), которые разрабатываются одновременно с проектированием ЖДС или закупаются на соответствующих этапах работ; по возможности минимизировать или исключить ошибки в интерпретации требований проекта, технологии внедрения АС (АСУ) со стороны заказчика; обеспечить своевременное планирование наиболее затратных составляющих систем. Этого, в частности, можно добиться за счет обеспечения полноты обследования программно-технических составляющих на основе общих принципов проектирования АС.

Предпроектное обследование проводят в составе специально выделяемой рабочей группы, в состав которой включены как представители организации, осуществляющей проектирование, так и ведущие сотрудники объекта проектирования, например, ЖДС. Процедура подбора кандидатов, которые включены рабочую группу, предусматривает оценку уровня их профессиональной подготовки, знаний по организации и технологиям выполняемых на ЖДС работ и пр. И, что не менее важно следует, принимать во внимание психологический настрой относительно идей внедрения и/или развития средств автоматизации в организации, подразделении или группе, в которой они работают. Желательно также учитывать, что в дальнейшем эксплуатация обновленной ЖДС будет во многом осуществляться теми же сотрудниками. В общем случае предпроектное обследование проводится в несколько этапов и выполняется в соответствии со схемой, приведенной на рис.1.

Основными этапами при этом являются: изучение предметной области; разработка методики и программы выполнения обследования; выполнение программы обследования; обработка и обобщение материалов обследования.

Основной материал исследования

Вопросы изучения технологического процесса ЖДС является одним из этапов формализации и автоматизации процессов в инфраструктуре железных дорог Казахстана.

При обследовании ЖДС используется методология системного анализа. На этой стадии разработчики должны уточнить границы изучения

технологического процесса ЖДС, определить круг пользователей будущей системы различных уровней и выделить классы и типы объектов, подлежащих обследованию.

По источникам получения информация о работе ЖДС может быть классифицирована как первичная и вторичная. Под первичной понимают информацию, которая получена непосредственно на объекте исследования в результате проведения специального обследования. Под вторичной информацией понимают информацию об объекте исследования, которая была собрана ранее и может быть получена из внутренних и внешних источников.

В дальнейшем будут рассмотрены и систематизированы различные методы получения информации с целью определения оптимального порядка их применения при обследовании ЖДС. Сбор информации может осуществляться различными методами, отличаются уровнем формализации. Классификация методов приведена на рис. 2.

Основными методами получения первичной информации о работе ЖДС является опрос и наблюдения. Основным методом получения вторичной информации о ЖДС является анализ документов.

Метод опроса – психологический вербально-коммуникативный метод. Данный метод заключается в том, что реализуется взаимодействие между интервьюером и опрашиваемыми (респондентами).

Цель такого интервьюирования – получить от субъектов интервью ответы на заранее подготовленные вопросы. Таким образом, источник информации при опросах это письменные или устные ответы, или суждения респондентов [1].

Основными преимуществами методов опроса является: 1) относительно низкая стоимость организации опросов (в частности в режиме онлайн); 2) содержательность и универсальность информации, которую получают в ходе опросов; 3) возможность максимизировать применение технических средств (диктофоны, видеокамеры, онлайн анкеты и т.п.).

Однако, классические методы опросов имеют и свои специфические недостатки. Например, негативно влияют на качество опросной информации факторы, которые являются субъективными. К таким факторам можно отнести: 1) уровень образования и культуры респондента; 2) свойства памяти и психики опрашиваемого; 3) отношение опрашиваемого к исследуемой проблеме; 4) непринятие организации или людей, которые проводят опрос.

А кроме того, на результат опроса могут оказать негативное влияние факторы, которые связаны с самим исследователем. Например, отсутствие практических навыков интервьюирования, неправильно составленные опросные листы и т.п. Влияют на результаты опросов и другие факторы, например, негативно сказывается на результатах присутствие посторонних

лиц (в первую очередь руководителей ЖДС) при опросе, неудачно выбранное время и места опросов, плохая организация процедур опросов и т.п. Чтобы минимизировать влияние негативных факторов, следует строго придерживаться методологических рекомендаций к проведению опросных исследований.

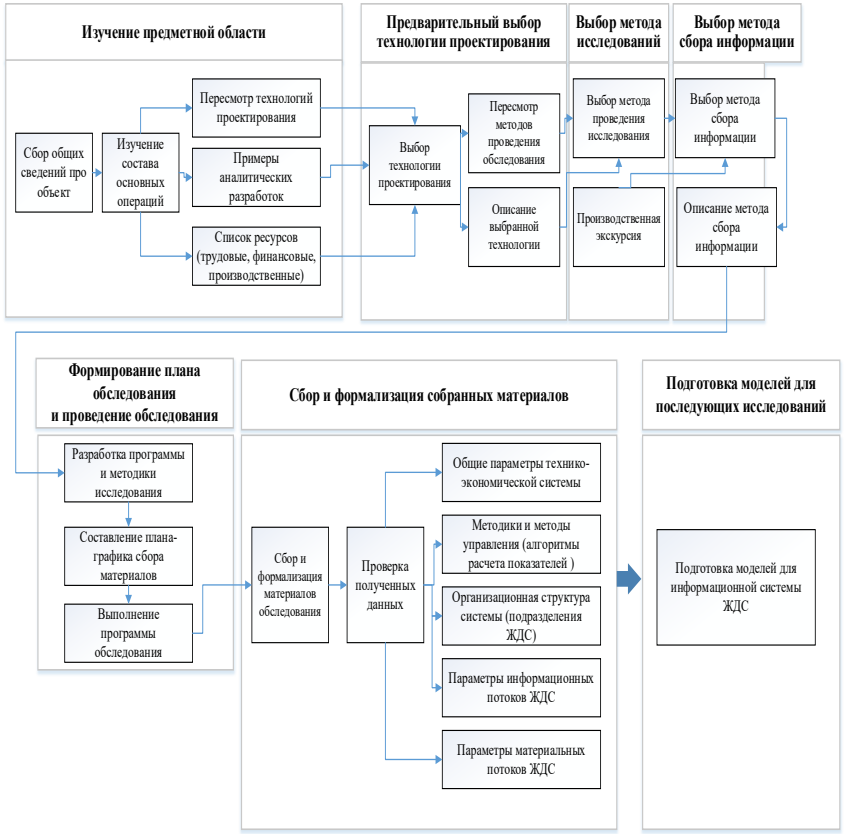


Рисунок 1 – Процедура идентификации функциональных моделей железнодорожных станций

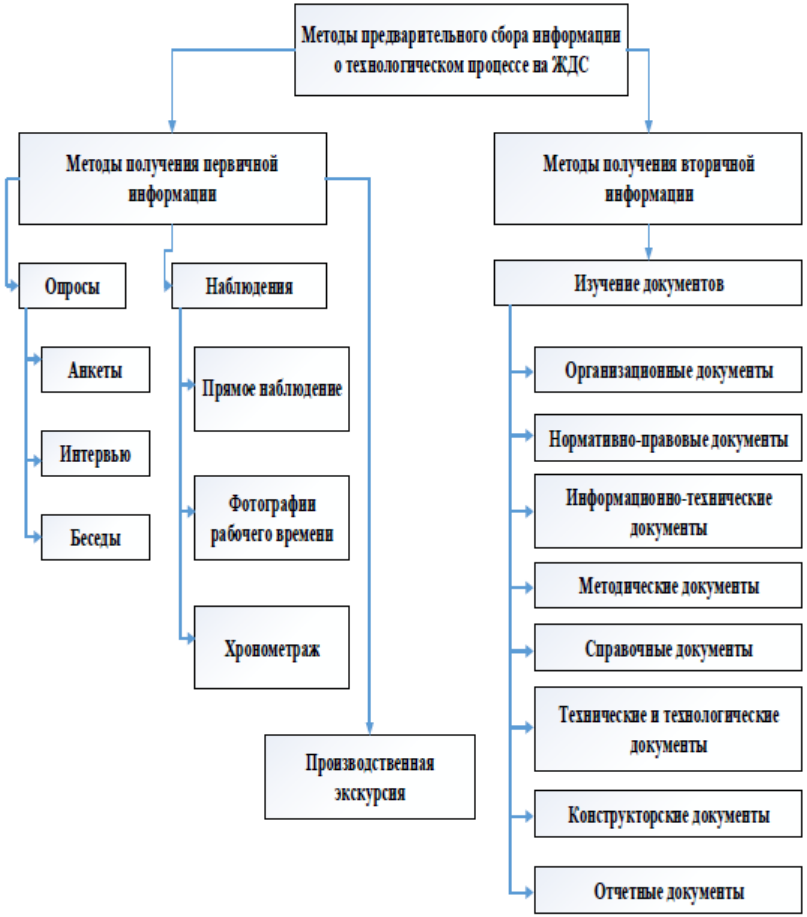


Рисунок 2 – Методы исследования технологического процесса железнодорожной станции

Опрос может проводиться как лично, когда исследователь непосредственно контактирует с респондентами, так и дистанционно при опосредованном участии исследователя или вообще без его участия.

Проведение опроса (интервью) включает следующие основные этапы: подготовка к проведению; организация и проведение опроса; оценка и подведение итогов.

Когда ставиться задача обследовать сложный объект комплексно, то целесообразно провести несколько видов опросов. Конкретный порядок

выполнения этих мероприятий будет зависеть от характера задач и постановки плана исследований. Однако, в большинстве случаев меры по опросу персонала на предприятиях ЖДТ целесообразно начинать с бесед с руководящим составом. Также на первоначальном этапе, целесообразно интервьюировать наиболее квалифицированных специалистов предприятия. Это поможет установить особенности работы конкретного предприятия ЖДТ, выявить основные проблемы в его работе. На основе обработки результатов интервью на следующих этапах можно разрабатывать планы проведения более детальных обследований, формулировать более конкретные вопросы по организации работы предприятия и т.п. Подобная информация, как правило, становится основой для проведения последующих интервью или подготовки более узконаправленных анкет.

Заметим, что анкеты являются наиболее формализованными формами опросов. Метод получения информации с помощью письменных ответов на систему заранее подготовленных и стандартизированных вопросов в анкетах и с точно указанным способом ответов сегодня широко применяется при обследовании сложных технических систем [2–6].

Преимуществом анкетирования по сравнению с другими методами опроса является то, что оно позволяет в короткие сроки выяснить мнение большой группы опрашиваемых. Кроме того, результаты анкетирования удобно подвергать анализу с использованием методов математической статистики.

Основным инструментом этого вида опроса является анкета. Анкета – это структурированная последовательность вопросов, составленных таким образом, чтобы выяснить факты или отношения, которые являются инструментом для фиксирования данных. Анкеты – это стандартные бланки, на которых можно записывать факты, комментарии и мнения [4–10].

Назначением анкеты является получение точной информации респондентов. В любом исследовании, в котором участвуют несколько человек, важно, чтобы респондентам одним и тем же способом задавали одни и те же вопросы. Без этой структуры невозможно составить общую картину объекта или явления, которое исследуется с помощью анкетирования. Анкеты облегчают обработку данных. Ответы фиксируются на каждой анкете в одних и тех же местах, для того чтобы было легко подсчитать количество людей, давших ту или иную оценку. Этапы проведения анкетных опросов представлены в табл. 1.

Каждое конкретное исследование требует создания особой анкеты, но все они имеют общую структуру.

Для программной реализации опросных листов были выбраны Microsoft Forms, позволившие разработать интуитивно понятный интерфейс для анкет, рис. 3–4.

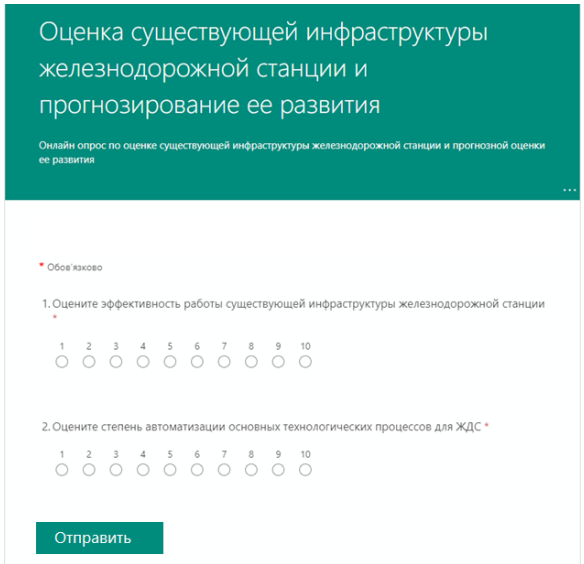


Рисунок 3 – Общий вид опросных листов для работы экспертов в режиме online

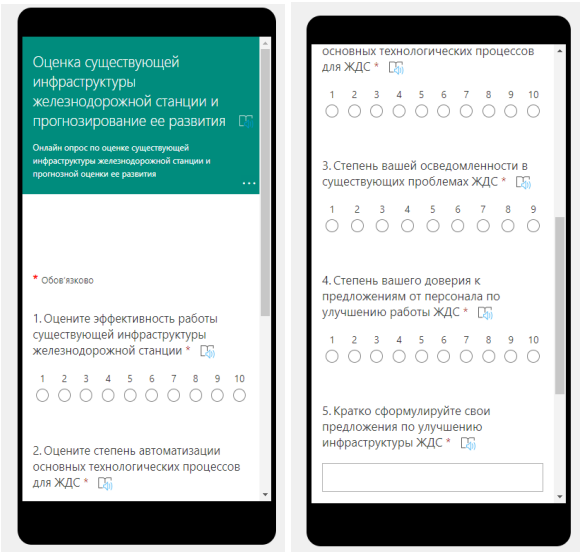


Рисунок 4 – Общий вид опросных листов для смартфона для работы экспертов в режиме online

Алгоритм согласования оценок экспертов показан на рисунке 5.

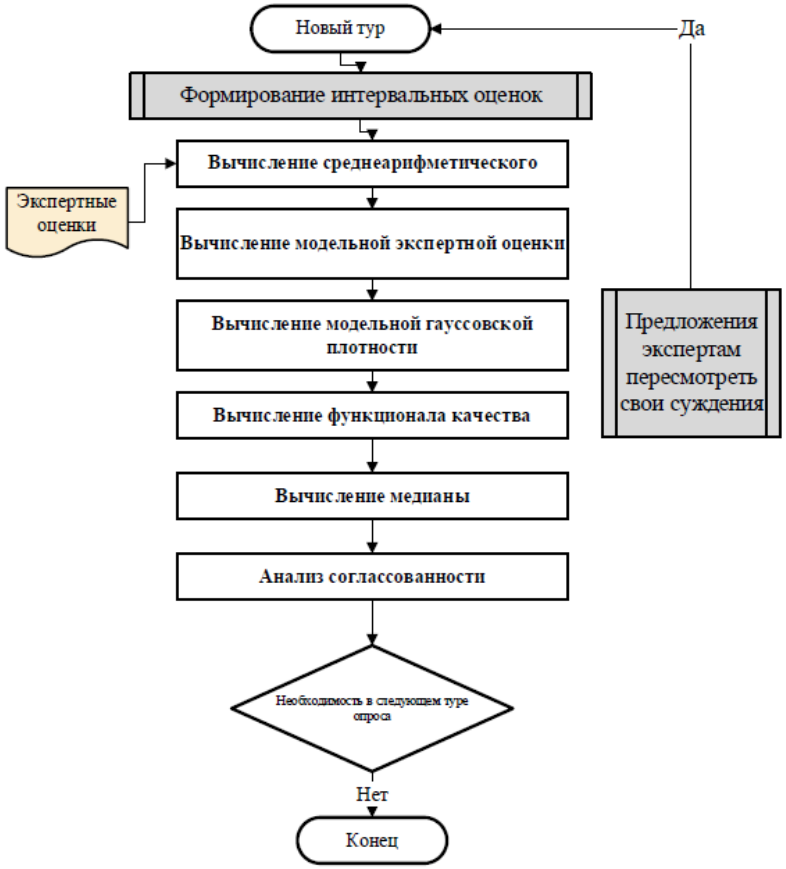


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма согласования оценок экспертов в процессе обработки онлайн анкет в ходе обследования ЖДС

Выводы

1. Впервые разработаны метод и модель менеджмента инфраструктурой ЖДС, базирующиеся на комплексной имплементации систем поддержки принятия решений в задачах прогнозирования развития и текущей оценки эффективности работы ЖДС. Предложенные решения отличаются от существующих возможностью автоматизировать процедуру генерации вариантов управляющих воздействий с помощью опросных анкет Microsoft Forms.

Разработаны и испытаны в реальных условиях эксплуатации на ЖДС Microsoft Forms для анкетирования внешних аналитиков и внутренних специалистов. Microsoft Forms адаптированы для работы экспертов в режиме online. Установлено, что Microsoft Forms позволяют повысить эффективность применяемых организационных и технических мер по повышению эффективности работы ЖДС и оптимизации ее инфраструктуры, а также сократить затраты на организацию проведения опросов и анкетирования на 12–15 % по сравнению с существующими решениями.

Список использованных источников

1 ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – Введ. 1992–01–01. М. : ИПК Издательство стандартов, 2002.

2 **Ядов, В. А.** Социологические исследование: методология, программа, методы [Текст] / В. А. Ядов. – Самара : Издательство «Самарский университет», 1995. – 328 с.

3 **Ядов, В. А.** Стратегия социологического исследования [Текст] / В. А. Ядов. – М. : Академкнига, Добросвет, 2003. – 596 с.

4 **Панкратова, Н. Д.** Формализация согласования экспертных оценок при реализации метода Делфи / Н. Д. Панкратова, Л. Ю. Малафеева // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 5. – С. 82–95.

5 **Hoogendoorn, Serge P., Miklos Hauser, and Nuno Rodrigues.** Applying microscopic pedestrian flow simulation to railway station design evaluation in Lisbon, Portugal. Transportation research record 1878.1 (2004) : 83–94.

6 **Hmelo, Cindy E., Douglas L. Holton, and Janet L. Kolodner.** Designing to learn about complex systems. The journal of the learning sciences 9.3 (2000) : 247–298.

7 **Linstone, Harold A., and Murray Turoff, eds.** The Delphi method. Reading, MA : Addison-Wesley, 1975.

8 **Kaakai, F., Hayat, S., & El Moudni, A.** A hybrid Petri nets-based simulation model for evaluating the design of railway transit stations. Simulation Modelling Practice and Theory. – 15(8). – 935–969. – 2007.

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 GOST 34.601-90 Informatsionnaya tekhnologiya. Kompleks standartov na avtomatizirovannyye sistemy. Avtomatizirovannyye sistemy. Stadii sozdaniya. – Vved. 1992–01–01. 2002. [GOST 34.601-90 Information technology. Set of standards for automated systems. Automated systems. Stages of creation. – Introduction. 1992–01–01. – Moscow : IPK Izdatel'stvo standartov, [IPK Publishing house of standards], 2002.

2 **Yadov, V. A.** Sotsiologicheskiye issledovaniye: metodologiya, programma, metody [Tekst] [Sociological research : methodology, program, methods]. [Text] Ed. V. A. Yadov. – Samara : Samara University Publishing House, 1995. – 328 p.

3 **Yadov, V. A.** Strategiya sotsiologicheskogo issledovaniya [Tekst] [Strategy of sociological research]. [Text] / Ed. V. A. Yadov. – Moscow : Akademkniga, Dobrosvet, 2003. – 596 p.

4 **Pankratova, N. D.** Formalizatsiya soglasovaniya ekspertnykh otsenok pri realizatsii metoda Delfi [Formalization of the coordination of expert assessments in the implementation of the Delphi method] / N. D. Pankratova, L. Yu. Malafeeva (eds.). In Kibernetika i sistemnyy analiz. // [Cybernetics and System Analysis]. – 2012. – No. 5. – P. 82–95.

5 **Hoogendoorn, Serge P., Miklos Hauser, and Nuno Rodrigues.** Applying microscopic pedestrian flow simulation to railway station design evaluation in Lisbon, Portugal. Transportation research record 1878.1 (2004) : 83–94. [Applying microscopic pedestrian flow simulation to railway station design evaluation in Lisbon, Portugal]. Transportation research record 1878.1 (2004) : 83–94.

6 **Hmelo, Cindy E., Douglas L. Holton, and Janet L. Kolodner.** Designing to learn about complex systems. In The journal of the learning sciences 9.3 (2000) : 247–298.

7 **Linstone, Harold A., and Murray Turoff, eds.** The Delphi method. Reading, MA : Addison-Wesley, 1975.

8 **Kaakai, F., Hayat, S., & El Moudni, A.** A hybrid Petri nets-based simulation model for evaluating the design of railway transit stations. Simulation Modelling Practice and Theory, 15(8), 935–969. 2007.

9 **Li, Yaohong, et al.** An improved operation strategy for CCHP system based on high-speed railways station case study. In Energy Conversion and Management 216 (2020) : 112936.

10 **Harris, Nigel G., Christian S. Mjøsund, and Hans Haugland.** Improving railway performance in Norway. In Journal of Rail Transport Planning & Management 3.4 (2013): 172–180.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Е. К. Майлыбаев[1], У. У. Умбетов[2]

Теміржол станциясына тексеру жүргізуді ұйымдастыруға арналған ақпараттық технологиялар

[1]Қазақ қатынас жолдары университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;
[2]Қожа Ахмет Ясауи атындағы
Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Қазақстан Республикасы, Түркістан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

Y. Mailybayev[1], U. Umbetov[2]

Information technologies for organization of survey of the railway station

[1]Kazakh University Ways of Communications,
Republic of Kazakhstan, Almaty;
[2]Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,
Republic of Kazakhstan, Turkestan.
Material received on 30.09.20.

Мақалада теміржол станциялары (ТЖС) жұмысын жобалауға дейінгі зерттеу жүргізу әдістемесі мәселесіне арналған ғылыми еңбектерді талдау туралы айтылады. Көптеген жағдайларда ТЖС зерттеу іссапарларға баруды талап етеді және адам мен материалдық ресурстарға тікелей тәуелділіктен айтарлықтай шектеулерге ие. Сондықтан, жобалау алдындағы сауалнаманың тиімділігі жұмысты дұрыс ұйымдастыруға және әзірлеуші өкілдері мен тапсырыс берушінің мамандары арасында өзара байланыс орнатуға байланысты.

Осылайша, теміржол жүйелерін зерттеуге бірыңғай көзқарастың болмауы автоматтандырылған жүйелерге қойылатын талаптарды дамытуға арналған техникалық тапсырмада ресми сипаттауға әкеледі.

Кілтті сөздер: зерттеу, теміржол станциясы, автоматтандырылған жүйелер.

The article deals with the analysis of scientific works devoted to the problem of the methodology for conducting a pre-project survey of the work of railway stations. In many cases, the inspection of the station requires trips on business trips and has a significant limitation on the duration of the implementation, allocated to human and material resources. Therefore, the effectiveness of the pre-project survey essentially depends on the correct organization of work and the establishment of interaction between representatives of the developer and the customer's specialists.

Thus, the lack of a unified approach to the survey of railway systems leads to a formal description of the requirements for automated systems in the terms of reference for their development.

Keywords: survey, railway station, automated systems.

ҒТАМР 44.37.29

https://doi.org/10.48081/QSOV3457

В. П. Марковский[1], А. Б. Утегулов[2], И. В. Кошкин[3], А. С. Ергали[4]

[1]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;
[2]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[3,4]А. Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлі университеті,
Қазақстан Республикасы, Костанай қ.

КҮН ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЭЛЕМЕНТТЕРДЕН ЖЫЛЖЫМАЛЫ ОМАРТАНЫҢ ЭНЕРГИЯ ТҰТЫНУЫН ТАЛДАУ

Автономды электр станцияларының әлеуетті пайдаланушыларының едәуір саны экономиканың ауылдық секторында орналасқан. Шаруа қожалықтарының пайда болуымен осындай нысандардың саны өсуде. Ауылдық объектілер жаңартылатын энергия көздері негізінде электрмен жабдықтаудың автономды жүйелеріне қойылатын талаптарға қатысты тең емес. Мысалы, жылжымалы омарталар шуға, иістерге, автономды электр станцияларының ұтқырлығына жоғары талаптар қояды. Қазіргі уақытта барлық жаңғыртылатын энергия көздерінен жылжымалы омарталарды электрмен жабдықтау үшін күн сәулесінің энергиясын ғана пайдалану қолайлы.

Жаңартылатын энергия көздерін қолданудың өсіп келе жатқан қажеттілігі олардың негізінде энергиямен жабдықтау жүйелерінің бәсекеге қабілеттілігін қарқынды арттыру қажеттілігін талап етеді, бұл ЖЭК-те автономды электр станцияларының параметрлерін оңтайландыру жолымен мүмкін болады.

Осыған байланысты осы зерттеулер автономды электрмен жабдықтау жүйесін таңдау және жылжымалы омарталар үшін күн электр станциясының параметрлерін оңтайландыру әдістерін әзірлеуге және жүзеге асыруға арналған.

Кілтті сөздер: омарта, электростанция, технология, тұтынушылар.

Кіріспе

Күн энергиясын пайдалану-энергетиканың аса перспективалы бағыттарының бірі. Экологиялылығы, ресурстардың жаңартылуы, кем дегенде алғашқы 20 жыл ішінде фотоэлектрлік модульдерді күрделі жөндеуге жұмсалатын шығындардың болмауы, болашақта электр энергиясын алудың дәстүрлі әдістеріне қатысты құнның төмендеуі, мұның барлығы күн энергетикасының оң жақтары болып табылады [1, 2].

Күн сәулесінің жоғары шашыраңқы орналасуын және тұтынушыларға жақындығын, сондай-ақ энергияны шоғырландыру қажеттілігін ескере отырып, бірінші кезекте күн электр станциялары шағын энергия тұтынушыларын автономды электрмен жабдықтау үшін пайдаланылуы тиіс [3, 4].

Күн сәулесінің энергиясы Біз жерде өмір сүруге міндеттіміз. Күн біздің планетамызда барлық табиғи энергия тұтынуды қамтамасыз ететін жалғыз энергия көзі болып табылады. Сонымен қатар, күн сәулесінің арқасында жел, биомасса, гидроэнергия және басқа да энергия түрлері сияқты басқа да жаңартылатын энергия көздері болуы мүмкін.

Күн энергетикасының мүмкіндіктерін бағалау үшін, күн сәулесі ағынының мұхиттың деңгейіндегі тығыздығы жарты күндік экваторда күнсіз күні 1 кВт / м құрайды. Жер шарының орташа радиусын біле отырып, біздің ғаламшар ұстап қалатын күн радиациясының жалпы қуаты 1.7›1014 кВт құрайды. Бұл үлкен қуат шамамен 500 есе артық және римдік клубтың бағалауы бойынша 3–10 кВт құрауы мүмкін адам өркениетінің қолжетімді қажеттіліктері екіталай.

Егер біздің планетамыз бір жылда алатын күн энергиясын бағалайтын болсақ, онда ол 10 кВт/сағ құрайды,бұл барлық ажыратылған және ажыратылған отын қазбаларының энергиясынан шамамен 10 есе көп. Жерге түсетін Күн радиациясының жалпы санынан тек 1 %-ға жуық жасыл өсімдіктердің хлорофиллімен басып, біздің планетамыздағы өмірді қолдайды. Осыдан 1 %-ның аз үлесі миллиондаған жыл бұрын Жер бетінде қазба отын – көмір, мұнай, табиғи газ қорының жинақталуын қамтамасыз етті. Осылайша, күн сәулесінің энергиясы бүкіл адамзаттың кез-келген энергиясына қажеттілікті толық қанағаттандыра алады. Бір апта ішінде жер бетіне түсетін күн энергиясының толық мөлшері мұнайдың, газдың, көмір мен уранның барлық әлемдік қорларының энергиясынан /37, 78, 95/ асады [5–7].

Күн сәулесінің спектрі шамамен 5800 К температурасымен абсолютті қара дененің сәулелену спектріне сәйкес келеді және оны үш негізгі аймаққа бөлуге болады:

– ультракүлгін сәуле (Х < 0,4 мкм) – 9 %;

– көрінетін сәуле (0,4 мкм <X < 0,7 мкм) – 45 %;

– инфрақызыл сәулелену (А, > 0,7 мкм) – 46 %.

Зерттеудің нысаны: күн электр станциясының модулі.

Зерттеудің пәні: күн электр станциясы параметрлерінің концентраторлардың типі мен параметрлерінен, энергияның түсу және тұтыну кестелерінен тәуелділігі.

Мақсаты: күн сәулесінің пайдалану коэффициентін арттыру есебінен жылжымалы омартаның автономды күн электр станциясының электр энергиясының құнын төмендету болып табылады.

Міндеттері:

– электр станциясының параметрлерін жеткіліктілік принципі бойынша есептеу әдістемесі;

– параболоцилиндрлік фокондар мен фоклиндердің жұмыс режимі шолу жасау.

Зерттеудің әдістері мен нәтижесі

Энергиясын пайдалану коэффициенті мен уақытын шашыраңқы күн сәулесін пайдалану есебінен айтарлықтай арттыруға болады, сол үшін күн сәулесінің кепілдік қуат кестесін алу әдістері және күн модулін бағдарлау параметрлерін оңтайландыру әдістері қолданылады.

Жаңартылатын энергия көздерін автономды пайдалану нұсқасын таңдау кезінде алыстағы объектілерді электрмен жабдықтау, электр энергиясының қажеттілігін қанағаттандыру мүмкіндігін бағалау қажет, яғни тұтынушы тарапынан наразылық әсерін сипаттау қажет. Электр энергиясына қажеттілік құрамы шаруашылық жүргізу тәртібіне және өндіріс тәсіліне байланысты электр тұтынушылардың құрамымен анықталады [8].

Электр энергиясын тұтынушылар жүктеме графигімен сипатталады және қарастырылып отырған электрмен жабдықтаудың автономды жүйесіне кері әсер ету түрінде қатысады. Жаңартылатын энергия көздері негізінде электрмен жабдықтаудың автономды жүйелерін сериялық игеру үшін орташаланған немесе типтік жүктеме графиктері болуы қажет. Бұдан басқа, мұндай кестелердің болуы жаңартылатын энергия көздері негізінде электрмен жабдықтаудың автономды жүйесінің параметрлерін нақтылаудың қажетті шарты болып табылады.

Жылжымалы омартада келесі энергия тұтынушылары орын алуы мүмкін (1-кесте).

Жарықтандыру тек кезекші персоналдың тұрмыстық бөлмесінде ғана қолданылады. Омартаны сыртқы тұрақты жарықтандыруға омарталарды ұстау технологиясына жол берілмейді. Тұрмыстық құралдар (минителевизор, радиоқабылдағыш) мерзімді қолданылады. Автотоңазытқыш үнемі жұмыс 1/3 циклімен (1/3 жұмыс, 2/3 жұмыс) қолданылады.

Кесте 1 – Жылжымалы омарта модулінің электр энергиясын тұтынушылары 20–25 омартаға

Тұтынушы	Саны	Қуаты, Вт	Ток түрі
1 Люминесцентті шам	2	8х2=16	Тұрақты, айнымалы.
2 Телевизор	I	15	Тұрақты, айнымалы.
3 Радиоқабылдағыш	1	1	Тұрақты, айнымалы
4 Автотоңазытқыш	1	37	Тұрақты, айнымалы
5 Бал шайқауыш	1	60	Тұрақты,
6 Электрпышақ	1	15	Тұрақты,

Өндірістік тұтынушылар-бал шайқауыш және электрпышақ. Пэм-60 жетегі бар бал шайқауышты қолдану ұсынылады. Электр жетегі ПЭМ-60 бал шайқауыш дала және стационарлық жағдайларда тауарлық бал өндіру кезінде үлкен де, кішкентай, әуесқой омарталарда да пайдалануға арналған.

Электржетек стандартты хорданың екі, үш немесе төрт рамалы бал шайқауыштарында орнатылуы мүмкін. Бұл электржетекті қолдану жұмыстың еңбек сыйымдылығын және тауарлық балды сору кезіндегі уақыт шығынын күрт қысқартады және нәтижесінде балдың көп мөлшерін алуды қамтамасыз етеді.

ПЭМ-60 электржетегінің техникалық сипаттамалары келесідей:

– электр жетегінің түрі-импульсті;

– номиналды қуат кернеуі – 12В;

– Электрқозғалтқыш қуаты – 60вт;

– тұтынылатын энергия (орташа) – 30 Вт.сағ;

– қуат кернеуінің жұмыс диапазоны – 8-ден 15В дейін;

– жұмыс режимі-ұзақ, үнемді;

– айналу жылдамдығы-реттелетін 30-дан 150 айн/мин дейін;

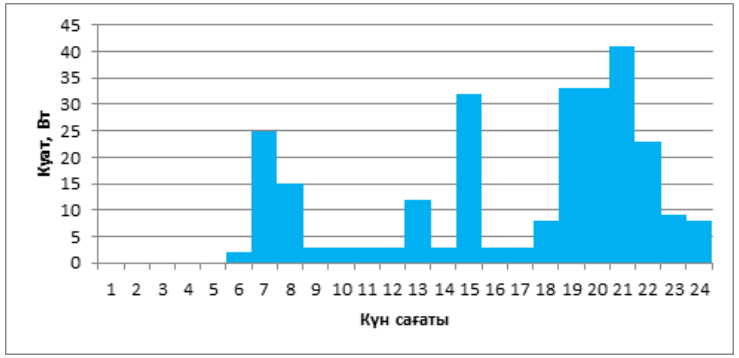
– айналу режимі-тұрақтандырылған;

– батарея кернеуін бақылау – 15 В, 10 В, 8 В көзбен;

– жетектің салмағы – 1,7 кг.

Электр жетегі бал шайқағышты итеріп, импульстік режимде жұмыс істейді. Жетектің жұмыс уақыты бір сағат ішінде 13,3 минутты құрайды, жұмыс күні ішінде 10 сағат ішінде 10 ара сорылады (1 желім/сағат).

Электр энергиясын тұтынушылардың құрамын талдай отырып, олардың барлығы тұрақты ток электр энергиясын тұтынуы мүмкін. Демек, автономды күн электр станциясы үшін жылжымалы омарта кернеу инверторы қажет емес. Электр энергиясының жекелеген тұтынушыларының және барлық омартаның жұмыс кестелері 1–3 суретте келтірілген.



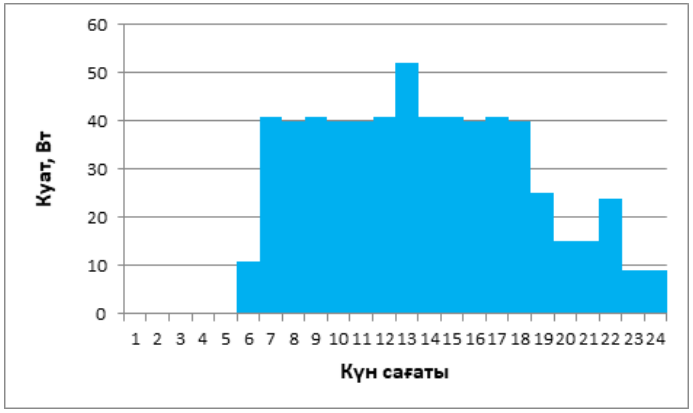
Сурет 1 – Электр энергиясын тұтынушылардың жұмыс кестесі (сәуір)

Берілген кестелерден электр энергиясының тұрмыстық тұтынушылары және жарықтандыру негізінен түнгі уақытта, яғни күн сәулесі энергиясының болмауы кезінде жұмыс істейді. Бал шайқауыш және электр кескіш, керісінше, күндізгі уақытта қолданылады. Сонымен қатар, мыс айдауды іске қосу кезінде іске қосу тогы пайда болады, бұл электрмен жабдықтау сұлбасын негіздеу кезінде ескеру қажет. Электрқозғалтқыштың импульстік режимде жұмыс істейтінін ескере отырып, токтың қалқуы жиі болады.

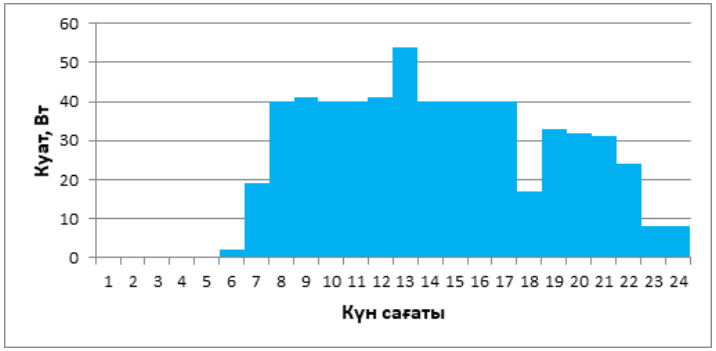
Жылжымалы омартаның энергия тұтынушылары жұмысының тағы бір ерекшелігі-бал айдау және электр кескіш (негізгі өндірістік тұтынушылар) маусым айынан қыркүйек айына дейін жұмыс істейді. Қазан айында омарта қысқы ұстауға ауыстырылады және балды соңғы айдау орталықтандырылған электрмен жабдықтау жүйесінен тұрақты жағдайда жүргізіледі.

Ең қиын кезең қыркүйек болады, себебі күн сәулесінің қарқындылығы мен осы кезеңде күн сәулесінің ұзақтығы жазға қарағанда аз. Сонымен қатар, осы уақытта жарықтандыруды пайдалану кезеңі артады.

Электр энергиясын тұтынушылардың күн электр станциясының жұмысына әсерін талдау кезінде энергия тұтыну мен түсудің өзара байланысын орнату қажет.



Сурет 2 – Электр энергиясын тұтынушылардың жұмыс кестесі (шілде)



Сурет 3 – Электр энергиясын тұтынушылардың жұмыс кестесі (қыркүйек)

Бұл процестер кездейсоқ болғандықтан, олардың өзара байланысы корреляция коэффициентімен сипатталады:

$$r = \frac{\overline{N_c \cdot N_п} - \overline{N_c} \cdot \overline{N_п}}{\sigma_c \cdot \sigma_п}, \qquad (1)$$

мұнда r – күн сәулесінің келіп түсетін энергиясы мен тұтынылатын электр энергиясы арасындағы корреляция коэффициенті;

N_c – осы уақыт кезеңінде күн сәулесінің қарқындылығын математикалық күту, Вт/м^2;

N_n – осы уақыт кезеңінде электр энергиясын тұтынушылардың қуатын математикалық күту, Вт;

σ_c – осы уақыт кезеңінде күн сәулесі қарқындылығының стандартты ауытқуы, Вт/м^3;

$\sigma_п$ – осы уақыт кезеңінде электр энергиясын тұтынушылар қуатының стандартты ауытқуы, Вт.

Есептеуінше, күн сәулесінің қарқындылығы мен жылжымалы омартаның электр энергиясын тұтынушылардың қуаты арасында өте жоғары корреляциялық байланыс бар, Және бұл байланыс жазда оң (г = 0,62) және күзде (г – 0,53), ал көктемгі кезеңде бұл байланыс теріс (г -0,47)

Қорытынды

Жылжымалы омартаның электр энергиясы тұтынушыларын талдау туралы мынадай қорытындыға келуге болады

1 Күн сәулесінің қарқындылығы бір-біріне тәуелсіз көптеген факторларға байланысты, бұл оның мәндерінің қалыпты таралу заңымен кездейсоқ сипатын тудырады. Осыған байланысты, автономды күн электр станциясының параметрлерін есептеу берілген ықтималдықпен кепілдік берілген күн сәулесінің қарқындылығына негізделуі тиіс.

2 Электр энергиясының барлық тұтынушылары 12 вольт тұрақты ток кернеуінде жұмыс істей алады. Ростов облысының аумағындағы автономды күн электр станциясы жұмысының ең қауырт кезеңі қыркүйек болып табылады.

3 Күн сәулесінің қарқындылығы және жылжымалы омартаның электр энергиясын тұтынушыларының қуаты жеткілікті жоғары және сенімді корреляциялық байланыс болады, осыған байланысты автономды күн электр станциясының параметрлерін есептеу кезінде отын электр станцияларымен жүйелерден айырмашылығы осы шамалардың орташаланған мәнін пайдалануға болмайды.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Hayat, M. B., Ali, D., Monyake, K. C., Alagha, L., Ahmed, N.** Solar energy-A look into power generation, challenges, and a solar-powered future [Text] // International journal of Energy research – A., P. 1049–1067.

2 **Hollingsworth, J. A., Ravishankar, E., O'Connor, B., Johnson, J. X.** Environmental and economic impacts of solar-powered integrated greenhouses. – 2019 [Electronic resource]. – DOI: 10.1111 / jiec.12934.

3 **Алиев, Р. А., Базилева, Е. Д., Близнецкая Е. А., Синякова А. Ф.** Содействие развитию возобновляемых источников энергии : опыт отдельных стран ОЭСР, – М., 2013. – 157 с.

4 **Амерханов, Р. А.** Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии [текст] : Монография. – М., 2003. – 532 с.

5 **Алексеев, В. В.** Перспективы развития альтернативной энергетики и ее воздействие на окружающую среду [текст] : учебник. – М., 1999. – 152 с.

6 **Алиев, Р. К.** Математическая модель системы солнечная батарея – аккумуляторная батарея. Тезисы докладов научно-производственной конференции [Текст] // Владикавказ, 1995 г. Доклады. – Владикавказ, 1995. – 157 с.

7 **Алиев, Р. К., Муругов, В. П., Стребков Д. С.** Фотоэнергетика сельского хозяйства. / Международная конференция «Техника в сельском хозяйстве» [Текст]. – Доклады. – М., 1988 – С. 5–7.

References

1 **Hayat, M. B., Ali, D., Monyake, K. C., Alagha, L., Ahmed, N.** Solar energy-A look into power generation, challenges, and a solar-powered future [Text] In International journal of Energy research – A., P. 1049–1067.

2 **Hollingsworth, J. A., Ravishankar, E., O'Connor, B., Johnson, J. X.** Environmental and economic impacts of solar-powered integrated greenhouses. – 2019 [Electronic resource]. – DOI: 10.1111 / jiec.12934.

3 **Aliev, R. A., Bazileva, E. D., Bliznetskaya E. A., Sinyakova A. F.** Sodeıstvıe razvıtıý vozobnovlıaemyh ıstochnıkov energıı : opyt otdelnyh stran OESR [Promotion of the development of renewable energy sources : the experience of individual OECD countries]. – Moscow, 2013. – 157 p.

4 **Amerhanov, R. A.** Optımızatsıa selskohozıaıstvennyh energetıcheskıh ýstanovok s ıspolzovanıem vozobnovlıaemyh vıdov energıı [Optimization of agricultural power plants using renewable energy]. Monograph. – Moscow, 2003. – 532 p.

5 **Alekseev, V. V.** Perspektıvy razvıtıa alternatıvnoı energetıkı ı ee vozdeıstvıe na okrýjaıýýıý sredý [Prospects for book]. – 1999. – 152 p.

6 **Alıev, R. K.** Matematıcheskaıa model sıstemy solnechnaıa batareıa – akkýmýlıatornaıa batareıa [Mathematical model of the solar battery – storage battery]. In Abstracts. Scientific-production conference – Vladikavkaz, 1995. – 157 p.

7 **Aliev, R. K., Mýrýgov, V. P., Strebkov D. S.** Fotoenergetıka selskogo hozıaıstva. International conference «Technics in agriculture». [Text]. – Moscow, 1988. –Thesis. – Moscow, 1988 – P. 5–7.

Материал 30.09.20 баспаға түсті.

В. П. Марковский[1], А. Б. Утегулов[2], И. В. Кошкин3, А. С. Ергали[4]

Анализ энергопотребления передвижной пасеки от солнечных фотоэлектрических элементов

[1]Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;
[2]Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;
[3,4]Костанайский региональный университет
имени А. Байтурсынова,
Республика Казахстан, г. Костанай.
Материал поступил в редакцию 30.09.20.

V. P. Markovskiy[1], A. B. Utegulov[2], I. V. Koshkin[3], A. S. Ergali[4]

Analysis of energy consumption of a mobile apiary from solar photovoltaic cells

[1]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[2]S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[3,4]Kostanay Regional University
named after A. Baitursynov,
Republic of Kazakhstan, Kostanay.
Material received on 30.09.20.

Значительное число потенциальных пользователей автономными электростанциями находится в сельском секторе экономики. С появлением фермерских хозяйств число таких объектов растет. Сельские объекты не равнозначны в отношении требований к автономным системам электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии. Например, передвижные пасеки выдвигают повышенные требования к шуму, запахам, мобильности автономных электростанций. В настоящее время для электроснабжения передвижных пасек из всего ряда возобновляемых источников энергии приемлемо использование только энергии солнечного излучения.

Растущая потребность применения возобновляемых источников энергии диктует необходимость интенсивного повышения конкурентоспособности систем энергоснабжения на их основе, что возможно путем оптимизации параметров автономных электростанций на ВИЭ.

В этой связи настоящие исследования были посвящены разработке и реализации методов выбора системы автономного электроснабжения и оптимизации параметров солнечной электростанции для передвижных пасек.

Ключевые слова: пасека, электроснабжение, электростанция, технология, потребители.

A significant number of potential users of Autonomous power stations are located in the rural sector of the economy. With the advent of farms, the number of such facilities is growing. Rural facilities are not equal in terms of requirements for Autonomous power supply systems based on renewable energy sources. For example, mobile apiaries place increased demands on the noise, odors, and mobility of Autonomous power plants. Currently, only solar energy is acceptable for the power supply of mobile apiaries from the entire range of renewable energy sources.

The growing need to use renewable energy sources dictates the need to intensively improve the competitiveness of energy supply systems based on them, which is possible by optimizing the parameters of Autonomous power plants based on RES.

In this regard, these studies were devoted to the development and implementation of methods for selecting an Autonomous power supply system and determining the parameters of a solar power plant for mobile apiaries.

Keywords: apiary, power supply, power plant, technology, consumers.

МРНТИ 50.03.03

https://doi.org/10.48081/GAOJ4008

С. А. Мендыбаев[1], Г. Б.Садуакасова[2], Н. Б. Байкенова[3], А. Е. Анарбаев[4]

[1,2]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Нур-Султан;

[3,4]Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье исследована устойчивость и разработанная математимическая модель системы автоматизации технологического процесса выплавки ферросплавов на базе программного продукта Matlab.

Ключевые слова: устойчивость, математическая модель, MatLab, феррохром, система регулирования.

Введение

Основным назначением системы автоматического регулирования (САР) является поддержание заданного постоянного значения регулируемого параметра или изменение его по определенному закону. При отклонении в данный момент времени регулируемого параметра от заданного значения, что может произойти или в результате появления возмущающих воздействий на систему, или при изменении заданного значения регулируемой величины, автоматический регулятор воздействует на систему таким образом, чтобы ликвидировать это отклонение. В системе возникает переходный процесс, определяемый динамическими ее свойствами.

Результаты и обсуждение

Если после окончания переходного процесса система снова приходит в первоначальное или другое равновесное состояние, то такую систему называют устойчивой. Если при тех же условиях в системе или возникают колебания со все возрастающей амплитудой, или происходит монотонное

увеличение отклонения регулируемой величины от ее заданного равновесного значения, то систему называют неустойчивой.

Для того чтобы определить, устойчива или неустойчива система, необходимо изучить ее поведение при малых отклонениях от равновесного состояния. Если при этом система стремится вернуться к равновесному состоянию, то она устойчива. Если в системе возникают силы, которые стремятся увеличить отклонение системы от равновесного состояния, система неустойчива.

На практике используют разные критерии устойчивости, позволяющие судить об устойчивости исследуемой системы. Одним из таких критериев является критерий Найквиста. Чтобы замкнутая ситема автоматического управления(САУ) была устойчивой, необходимо и достаточно соблюдение следующих условий:

– амплитудно – фазова частотная характеристика (АФЧХ) при изменении частоты ω от 0 до ∞ – не должна охватывать точку с координатами -1, j 0;

– при неустойчивой разомкнутой САУ АФЧХ при изменении ω от -∞ до +∞ должна охватывать точку -1, j 0 столько раз, сколько корней характеристического уравнения разомкнутой системы лежит справа от мнимой оси плоскости корней.

По найденным передаточным функциям в программе MatLab производим построение графика амплитудно-фазовой характеристики (АФХ) разомкнутой системы, изображенным на рисунке 1. Из графика видно, что амплитудно-фазовая характеристика W(jω) не охватывает точку с координатами (-1, j0), значит по критерию Найквиста может считаться устойчивой.

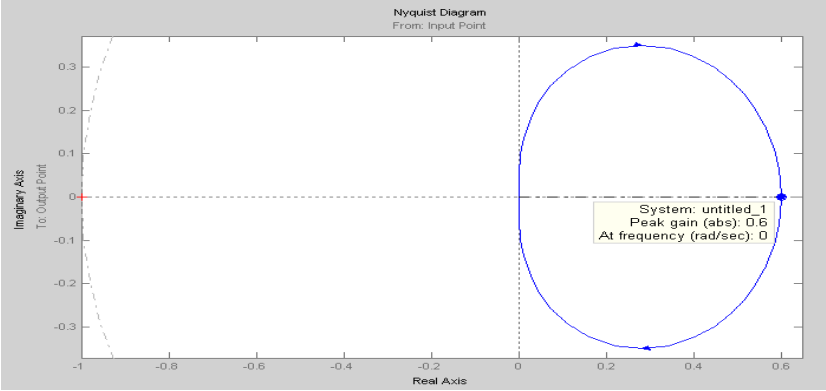


Рисунок 1 – АФХ разомкнутой системы

В итоге изменение системы на 30 % график амплитудно-фазовой характеристики АФХ разомкнутой системы изменяется так(рис 2):

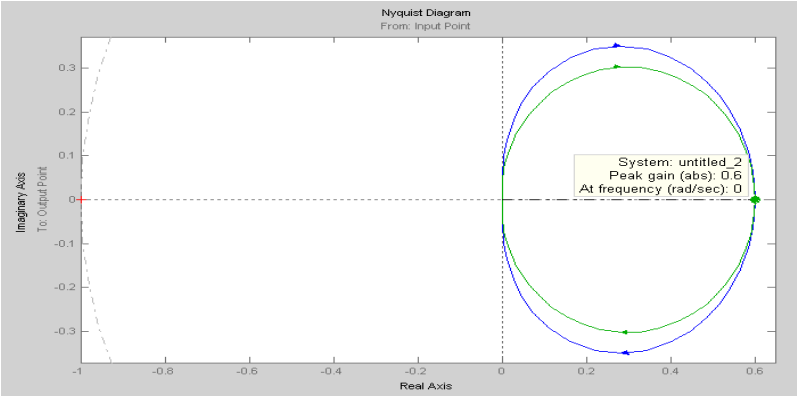


Рисунок 2 – Измененная АФХ разомкнутой системы на 30 %

К автоматическим системам регулирования предъявляют требования не только относительно ее устойчивости. Для работоспособности системы не менее необходимо, чтобы процесс автоматического регулирования осуществлялся при обеспечении определенных качественных показателей. Требования к качеству процесса регулирования в каждом случае могут быть самыми разнообразными, однако из всех качественных показателей можно выделить несколько наиболее существенных, которые с достаточной полнотой определяют качество почти всех систем автоматического регнулирования.

Качество процесса регулирования системы, как правило, оценивают по переходной функции. Для этого в программе MatLab строим график переходного процесса (рис. 3). Основными показателями качества являются время регулирования, перерегулирование, колебательность. Кроме того, следует отметить, что в конкретных условиях к качеству регулирования могут предъявляться и другие требования, например максимальная скорость изменения регулируемой величины, основная частота ее колебаний и т.п.

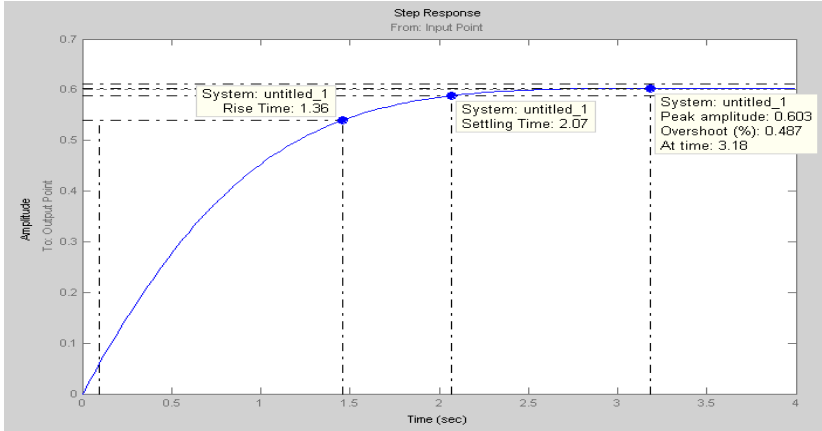


Рисунок 3 – Переходная функция системы

К основным показателям качества регулирования относятся:

– время регулирования;

– перерегулирование;

– колебательность.

Временем регулирования t_p называют время, в течении которого начиная с момента приложения воздействия на систему отклонения регулируемой величины $\Delta h(t)$ от ее установившегося значения $h_0=h(\infty)$ меньше наперед заданного значения ε. Таким образом, время регулирования определяет длительность (быстродействие) переходного процесса. Для нашего случая время регулирования t_p = 2,07 с.

Перерегулирование. Перерегулированием σ называют максимальное отклонение Δh_{max} регулируемой величины от установившегося значения, выраженное в процентах от $h_0 = h(\infty)$. Абсолютная величина Δh_{max} определяется из кривой переходного процесса: $\Delta h_{max} = h_{max} - h(\infty)$.

Соответственно перерегулирование

$$\sigma = \frac{h_{max} - h(\infty)}{h(\infty)} 100\% .$$

Для нашего случая перерегулирование σ равно:

$$\sigma = \frac{0{,}603 - 0{,}6}{0{,}6} 100\% \approx 0{,}5\% .$$

Колебательность. Колебательность системы характеризуется числом колебаний регулируемой величины за время регулирования t_p. Если за это время переходный процесс в системе совершает число колебаний

меньше заданного, то считается, что система имеет требуемое качество регулирования по колебательности. В итоге изменение системы на 30 % график переходной функции системы изменяется так (рис.4):

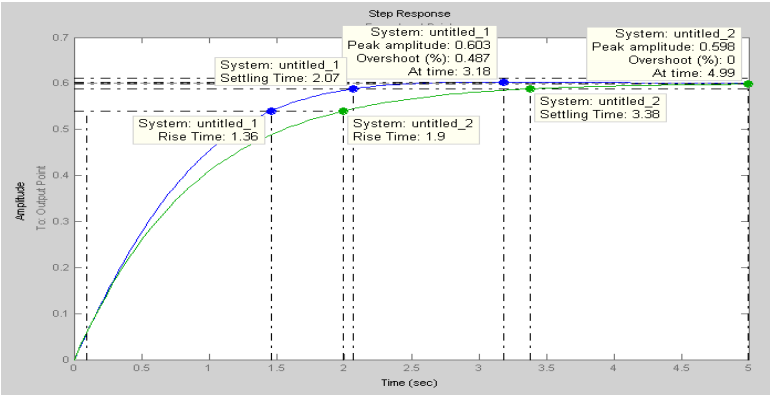


Рисунок 4 – Измененная переходная функция системы на 30 %

Задача анализа и синтеза системы автоматизации технологичиеского процесса производства ферросплавов с заданными характеристиками является довольно сложной. В связи с этим большое внимание уделяется математическому моделированию. Анализ технологических процессов с помощью математических моделей позволяет существенно сократить объем, исследований, обеспечивает возможность просмотра большого количества вариантов, необходимых для анализа объекта регулирования.

Математическое моделирование системы автоматизации позволяет изучить свойства объекта на математической модели. Его целью является определение оптимальных условий протекания процесса, управление им на основе математической модели и перенос результатов на объект. Объектом автоматизации является печь по выплавке феррохрома является руднотермическая печь серии РКЗ-21 с заданными временными характеристиками.

По внешнему виду наиболее распространенные временные характеристики объектов регулирования можно классифицировать по двум видам: характеристики с самовыравниванием и без самовыравнивания. Оба вида рассматриваются характеристики для одноемкостных и многоемкостных объектов.

Одноемкостные объекты представляют собой одно типовое звено. Одноемкостное звено с самовыравниванием представляет собой характеристику инерционного звена, поэтому основными параметрами

характеристики являются коэффициент усиления объекта кос и постоянная времени объекта $T_{об}$. Многоемкостные объекты представляют собой несколько типовых звеньев, включенных по последовательной, параллельной или смешанной схеме.

Для определения оптимальных значений настройки регуляторов необходимо знать для объектов с самовыравниванием коэффициент усиления объекта $k_{об}$ и постоянную времени объекта $T_{об}$. Эти величины мы находим из графика, изображенного на рисунке 5.

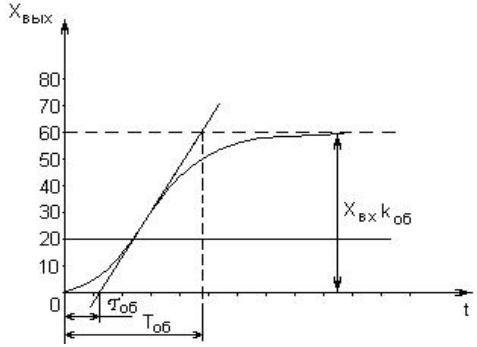


Рисунок 5 – Временная характеристика многоемкостного объекта с самовыравнием $\tau_{об} = 1{,}2$; $T_{об} = 4{,}8$; $k_{об} = 60/20 = 3$

Тип регулятора и закон регулирования выбирают в зависимости от технологических показателей, свойств объекта управления, а также требований к качеству процесса регулирования.

Свойства объекта управления в первом приближении могут быть оценены по отношению времени запаздывания $\tau_{об}$ к постоянной времени объекта $T_{об}$: $\tau_{об}/T_{об}$. Чем это отношение больше, тем задача автоматизации сложнее, и потому рекомендуют:

при $\tau_{об}/T_{об} < 0{,}2$ позиционный регулятор;

при $0{,}2 \le \tau_{об}/T_{об} \le 1$ регулятор непрерывного действия;

при $\tau_{об}/T_{об} > 1$ импульсный или цифровой регулятор.

$$\frac{\tau_{об}}{T_{об}} = \frac{1{,}2}{4{,}8} = 0{,}25 \qquad (1)$$

Согласно формуле (1) $0{,}2 \le 0{,}25 \le 1$ в данной работе будет использован ПИ-регулятор непрерывного действия.

По величинам найденным по графику и сведений об объекте управления и регуляторе запишем их передаточные функции

$$W_{об} = \frac{к_{об}}{T_{об} \cdot p + 1} e^{-\tau_{об} p} = \frac{3}{4{,}8p + 1} e^{-1{,}2p} . \quad (2)$$

$$к_{р.опт} = \frac{T_{об}}{\tau_{об} \cdot к_{об}} = \frac{4{,}8}{1{,}2 \cdot 3} = 1{,}333 . \quad (3)$$

$$T_{из.опт} = 0{,}475 \cdot \frac{к_{об} \cdot к_{р.опт}}{(1 + к_{об} \cdot к_{р.опт})^2} T_{об} = 0{,}475 \cdot \frac{3 \cdot 1{,}333}{(1 + 3 \cdot 1{,}333)^2} 4{,}8 = 0{,}36 сч . \quad (4)$$

$$W_р = \frac{к_р}{T_и \cdot p + 1} = \frac{1{,}333}{0{,}36p + 1} . \quad (5)$$

Выводы

На основании расчетных данных структурная схема системы автоматического регулирования имеет вид (рис.5):

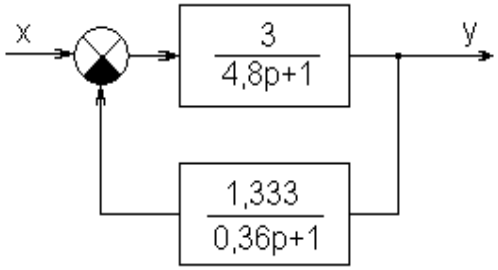


Рисунок 5 – Структурная схема САР

Имея передаточную характеристику объекта регулирования и регулятора построим контур регулирования в программе «Matlab» (рис.6).

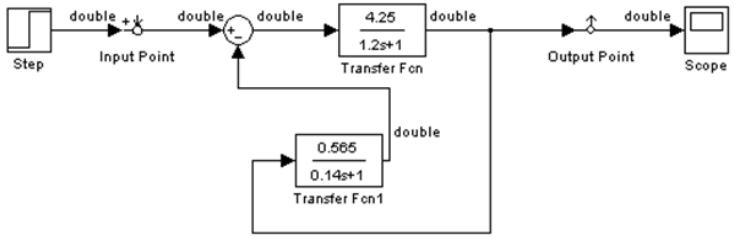


Рисунок 6 – Контур регулирования в программе «Matlab»

Изменяя $T_{из.опт}$ передаточной характеристики объекта регулирования на 30 %, исследуем переменчивость системы (рис.7).

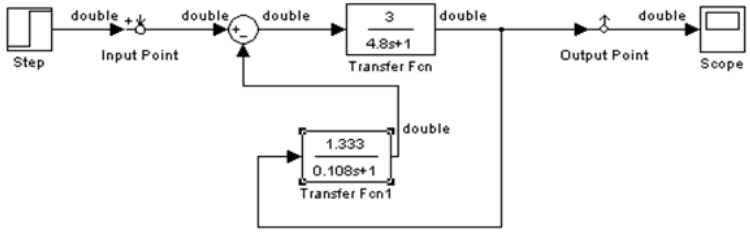


Рисунок 7 – Изменение контура регулирования системы на 30 %

Список использованных источников

1 Проектирование систем автоматизации технологических процессов. – М., 2005.

2 Теория и технология производства ферросплавов / Гасик М. И. и др. – М., 2003.

3 **Васманов, В. В.** Автоматизированные системы оперативного управления. – М., 2007.

4 **Михалев, С. Б.** АСУ на промышленном предприятии. – Минск, 2009.

5 **Модин, А. А.** Справочник разработчика АСУ. – М., 2001.

References

1 Proektırovanıe sıstem avtomatızatsıı tehnologıcheskıh protsessov. [The design of automation systems of technological processes]. – Moscow, 2005.

2 Teorııa ı tehnologııa proızvodstva ferrosplavov [Theory and technology of Ferroalloy production]. In Gasik M. I. etal. – Moscow, 2003.

3 **Vasmanov, V. V.** Avtomatızırovannye sıstemy operatıvnogo ýpravlenıa. [Automated system of operational management]. – Moscow, 2007.

4 **Mihalev, S. B.** ASÝ na promyshlennom predprıatıı [Automated control system at an industrial enterprise] Mınsk, 2009.

5 **Modın, A. A.** Spravochnık razrabotchıka ASÝ [Handbook of the automated control system developer]. – Moscow, 2001.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

С. А. Мендыбаев[1], Г. Б. Садуакасова[2], Н. Б. Байкенова[3], А. Е. Анарбаев[4]

Ферроқорытпа өндірісін автоматтандыру жүйесінің орнықтылығын және математикалық моделін зерттеу

[1,2]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[3,4]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

S. A. Mendybaev[1], G. B. Saduakasova[2], N. B. Baykenova[3], A. E. Anarbaev[4]

Research of stability and mathematical model of the ferroalloy production automation system

[1,2]S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[3,4]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 30.09.20.

Мақалада Matlab бағдарламалық өнімі негізінде ферроқорытпаларды балқытудың технологиялық процесін автоматтандыру жүйесінің орнықтылығы мен әзірленген математикалық моделі зерттелген.

Кілтті сөздер: тұрақтылық, математикалық модель, MatLab, феррохром, реттеу жүйесі.

The article examines the stability and developed a mathematical model of the system for automating the technological process of Ferroalloy smelting based on the Matlab software product.

Keywords: stability, mathematical model, MatLab, ferrochrome, control system.

МРНТИ 44.31.31

https://doi.org/10.48081/FUMZ4050

А. К. Мергалимова, А. У. Капанова, М. К. Сагилова
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

РАЗРАБОТКА ДУБЛЬ-БЛОКА ПАРОГАЗОВОЙ ТЭС НА БАЗЕ ALSTOM GT26

В статье рассматриваются вопросы с газотурбинными (ГТУ) и парогазовыми (ПГУ) энергетическими установками тепловых электростанций, являющейся одной из перспективных отраслей развития энергетики. Проводится анализ применения ГТУ и ПГУ с 2000-х годов, их качественных показателей. Рассматриваются различные тепловые схемы, основные характеристики работы и состав оборудования при объединении газотурбинной установки и паротурбинной установки различными способами. Также отмечается, что применение ПГУ с котлом-утилизатором отличаются высокой эффективностью и рядом преимуществ.

Ключевые слова: парогазовые установки, тепловая электростанция, турбина, газотурбинная установка.

Введение

В любой стране энергетика является базовой отраслью экономики, стратегически важной для государства. От её состояния и развития зависят соответствующие темпы роста других отраслей хозяйства, стабильность их работы. В промышленности электрическая энергия из тепловой получается путем промежуточного преобразования её в механическую работу. В настоящее время для эффективного функционирования любой электростанции одним из главных инструментов является организация правильной работы с топливом [1, с. 12].

Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха происходит вследствие выбросов в атмосферу вредных веществ при работе энергетических установок, работающих на углеводородном топливе (бензин, керосин, мазут, дизельное топливо, уголь). Одним из основных и самых крупномасштабных источников загрязнения атмосферы являются ТЭЦ (тепловая электростанция): на их долю приходится около 14 % общего загрязнения атмосферы техническими средствами.

Тепловые электростанции работают на относительно дешевом органическом топливе угле и мазуте. Перевод с твердого топлива на газовое ведет к удорожанию вырабатываемой энергии, но так можно значительно сократить объём выбросов и поддерживать нормальное состояние окружающей среды.

Перспективное направление развития энергетики связано с газотурбинными и парогазовыми энергетическими установками тепловых электростанций. Парогазовые установки на природном газе – единственные энергетические установки, которые в конденсационном режиме работы отпускают электроэнергию с электрическим коэффициент полезного действия более 58 % [2, с. 20].

С ускорением темпов общественного прогресса, экономических и социальных преобразований неизбежен значительный рост мирового потребления электроэнергии, что должно сопровождаться повышением эффективности ее использования за счет высокоэффективных технологий производства электроэнергии.

Тепловая энергетика обеспечивает наряду с другими факторами современный уровень жизни населения страны, в то же время она оказывает заметное влияние на окружающую среду: потребление первичных энергоресурсов, выбросы теплоты, продуктов сгорания топлива, шумовые воздействия. Для обеспечения экологической безопасности необходимы качественные изменения, включая дальнейшее техническое совершенствование, переход на принципиально новые технологии, способствующие повышению эффективности процессов производства электрической и тепловой энергии и сокращению выбросов.

Объект исследования: парогазовые установки

Предмет исследования: парогазовые теплоэлектростанции

Цель: основной объем электроэнергии в Казахстане вырабатывают 37 тепловых электростанций, работающих на углях Экибастузского, Майкубенского, Тургайского и Карагандинского бассейнов. Однако дешевле и лучших показателей можно добится использованием парогазовыми установками, работающими на природном газе.

Задачи:

– на основе обзора работ выполнить выбор предметной области исследования парогазовых установок, выяснить различия и нерешенные проблемы, а также, выполнить постановку задачи исследования;

– разработать технологическую схему дубль-блока для парогазовой ТЭС.

Методы и результаты исследования

Развитие парогазовых ТЭС, сочетающих газотурбинные и парогазовые циклы с использованием высокотемпературных ГТУ. В настоящее время сопровождаются непрерывным совершенствованием качественных показателей, что позволяет обеспечить КПД на уровне 55...60 %. Парогазовые установки на базе ГТУ в настоящее время широко применяются за рубежом при строительстве новых электростанций.

В первом газотурбинном цикле коэффициент полезного действия редко превышает 38 %.

Во втором – паросиловом цикле используется еще около 20 % энергии сгоревшего топлива. В сумме коэффициент полезного действия всей установки оказывается равным примерно 58 % [1]. Паровые энергоблоки хорошо освоены. Они надежны и долговечны. Их единичная мощность достигает 800–1200 МВт, а коэффициент полезного действия, представляющий собой отношение произведенной электроэнергии к теплотворности использованного топлива, составляет до 40–41 %, а на наиболее совершенных электростанциях за рубежом – 45–48 %.

Повышение коэффициент полезного действия при объединении паротурбинной и газотурбинной установок получается за счет двух факторов:

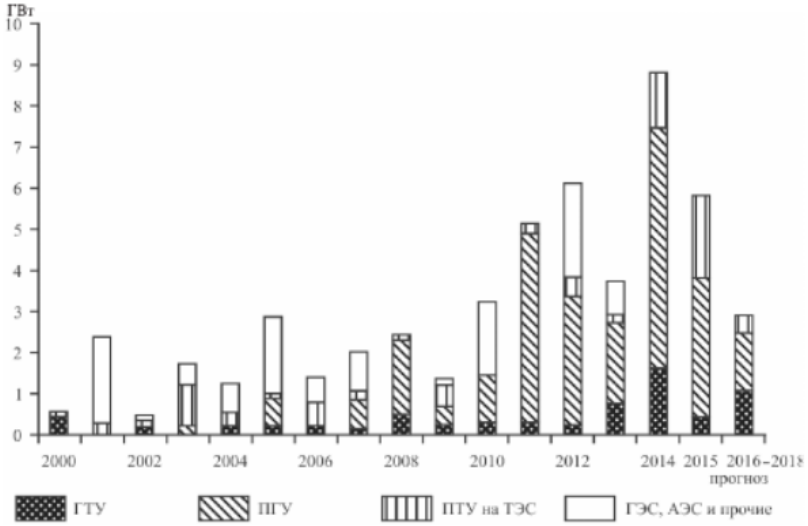
• Осуществления надстройки газового цикла над паровым;

• Уменьшения суммарного расхода уходящих газов.

В большинстве схем используются одновременно оба фактора, дающие повышение коэффициент полезного действия.

В работе [5] представлен анализ применения ГТУ и ПГУ с 2000-х годов, где к основным причинам массового строительства относят доступность природного газа на обширной территории как в экономическом, так и в техническом плане, высокая изношенность генерирующего оборудования, а также сокращение барьеров для импорта газовых турбин высокой мощности и технологий их производства.

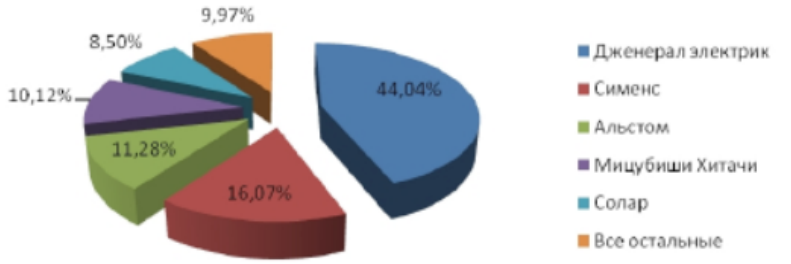
Диаграмма 1 – Структура электрогенерирующих мощностей, введенных в эксплуатацию и строящихся на территории России по типам установок [5]



Парогазовые электростанции. работающие на газообразном природном газе, могут найти применение в энергодефицитных регионах, а также на энергоемких предприятиях, которым было проблематично участвовать в формировании энергогенерирующих мощностей [5].

Согласно работе [5] по международному прогнозу будет выпущено 12521 ГТУ для электростанций общей стоимостью 152,9 млрд долл. США в ценах 2012 г. «General electric» останется лидером (44,04 %). По количеству впущенных агрегатов лидером останется «Solar» (Диаграмма 2).

Диаграмма 2 – Распределение долей мирового рынка ГТУ



Объединение ГТУ и ПТУ осуществляют различными способами, при этом получаются различные тепловые схемы, разные основные характеристики работы и состав оборудования. Тепловая схема парогазовой установки, определяющая с тип, энергетические, экономические и экологические характеристики, в значительной степени зависит от конфигурации термодинамического цикла и организации его процессов [2, с. 519].

Рассмотрим классификацию ПГУ.

По количеству рабочих тел, используемых в ПГУ, их делят на бинарные (БПГУ) и монарные. в БПГУ рабочие тела газотурбинного цикла (воздух и продукты горения топлива) и паротурбинной установки (вода и водяной пар) разделены.

В монарных установках рабочим телом турбины является смесь продуктов сгорания и водяного пара [1, 3].

Бинарные ПГУ **по технологической схеме** делятся на *одноконтурные* (в котле-утилизаторе (КУ) располагается один контур генерации пара) и *многоконтурные.*

• двухконтурные – в котле-утилизаторе располагаются два контура, генерирующих пар высокого и низкого давлений:

• трехконтурные – в котле-утилизаторе располагаются три контура генерации пара.

По назначению ПГУ подразделяют на конденсационные и теплофикационные. Первые из них вырабатывают только электроэнергию, вторые служат и для нагрева сетевой воды в подогревателях, подключаемых к паровой турбине.

По количеству ГТУ, технологически связанных с одной паротурбинной установкой, ПГУ делятся:

• на моноблочные, технологическая схема 1 х (ГТУ+КУ) – 1 х ПТУ;

• дубль-блочные 2 х (ГТУ+КУ) –1 х ТУ:

• полиблочные, n х (ГТУ + КУ) – m х ПТУ.

По числу валов турбогенераторов ПУ делят на *одновальные* и *многовальные*. Преимущество одновальной конструкции очевидно: вместо двух генераторов требуется только один генератор суммарной мощности. Вместе с тем одновальные ПГУ имеют и недостатки: затрудняется ремонт электрогенератора: невозможна автономная работа ПТУ и ГТУ; пуск всей установки определяется пуском паровой турбины, время которого существенно больше, чем время пуска ГТУ, Моноблочные ПГУ по конструктивному исполнению являются одновальными и двухвальными, дубль-блочные и полиблочные ПГУ – трех и многовальными. Большинство ПГУ выполнено трехвальными.

В энергетике получили распространение ПГУ следующих основных типов:

1) с высоконапорным парогенератором (ПГУ с ВПГ);

2) со сбросом газов в топку низконапорного парогенератора (ПГУ с НПГ);

3) с котлом-утилизатором (ПГУ с КУ);

4) с газоводяным подогревателем (ПГУ с ГВП);

5) со сбросом газов в сетевую установку (ПГУ с ГСП);

6) с впрыском пара в проточную часть газовой турбины (ПГУ с ВП).

Первые пять типов ПГУ реализуют термодинамические циклы с раздельными потоками рабочих тел, а в ПГУ с ВП рабочим телом газовой турбины является смесь водяного пара и продуктов сгорания. В ПГУ с высоконапорным парогенератором парогенератор одновременно играет роль и энергетического котла ПТУ, и камеры сгорания ГТУ (рис. 1). Для этого в ВПГ поддерживается высокое давление (1,0...2,0 МПа), создаваемое компрессором ГТУ. Повышенное давление продуктов сгорания в парогенераторе приводит к более интенсивному теплообмену, чем в обычных паровых котлах, и, соответственно, к уменьшенным металловложениям в поверхности нагрева. Для повышения экономичности перед ВПГ устанавливается газовый подогреватель конденсата, уменьшающий температуру уходящих газов ГТУ. Существенными недостатками этой схемы являются сложность эксплуатации, необходимость разработки специальных ГТУ и ПТУ или реконструкции серийных, а также невозможность автономной работы ГТУ и ПТУ.

Экономия топлива в такой установке также зависит от соотношения мощностей ГТУ и ПТУ и находится на таком же уровне, как и у сбросных ПГУ. В настоящее время широкого распространения данная схема не получила. Однако применение данной схемы может быть интересно при использовании в ПУ твердого топлива (например, его сжигание в циркулирующем кипящем слое под давлением – технология ЦКСД). Парогазовые установки с НПГ используются в основном при реконструкции существующих паротурбинных энергоблоков, чем объясняется их небольшое количество. В сбросной ПГУ топливо направляется не только в камеру сгорания ГТУ, но и в энергетический котел (рис. 2), причем ГТУ работает на легком топливе (газ или дизельное топливо), а энергетический котел – на любом топливе. В сбросной ПГУ реализуется два термодинамических цикла. При этом отпадает необходимость в воздухоподогревателе котла, так как уходящие газы ГТУ имеют высокую температуру. Однако достаточно высокое содержание кислорода в уходящих газах ГТУ, а также необходимость иметь за энергетическим котлом малый коэффициент избытка воздуха приводят

к тому, что доля мощности паротурбинного цикла составляет примерно 23, а доля мощности ГТУ – 13 (в отличие от ПГУ СКУ, где это соотношение обратное).

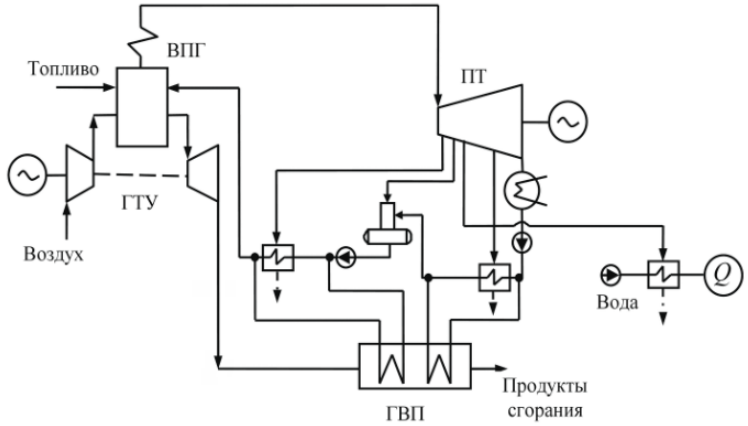


Рисунок 1 – Принципиальная схема ПГУ с высоконапорным ПГ

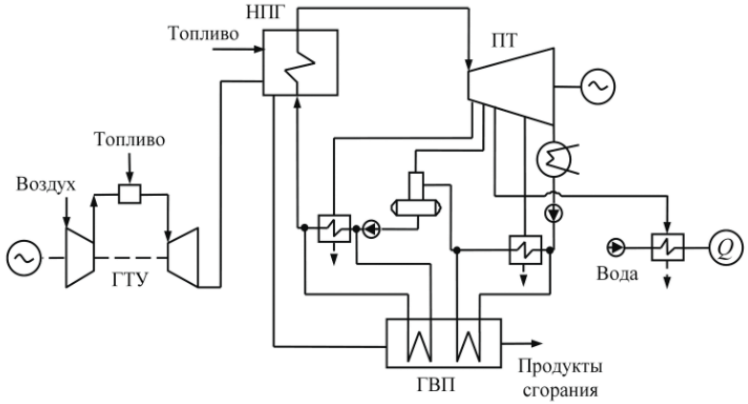


Рисунок 2 – Принципиальная схема ПГУ с НПГ

Кроме того, схема сбросной ПГУ оказывается очень сложной, так как необходимо обеспечить автономную работу паротурбинной части (при выходе из строя ГТУ), а поскольку воздухоподогреватель в котле отсутствует, то необходима установка специальных калориферов, нагревающих воздух перед подачей его в энергетический котел. Длительная эксплуатация этих ПГУ показала их надежность, хорошие маневренные

качества, определяемые возможностью автономной работы ГТУ и ПТУ [2, 4, 5]. Главным преимуществом сбросной схемы является возможность использования в паротурбинном цикле недорогих энергетических твердых топлив.

Установки с НПГ и ВПГ работают по одному и тому же термодинамическому циклу и при одинаковых параметрах и расходах рабочих тел будут иметь одинаковую тепловую экономичность. В ПГУ с НПГ можно использовать как специально разработанные, так и серийные ГТУ и сохранить регенерацию в ПТУ. ПГУ с котлом-утилизатором называют бинарными или утилизационными. Для бинарных ПГУ характерны относительно простая конструкция, монтаж, эксплуатация и наименьшие капиталовложения.

По этой схеме газы после ГТУ сбрасываются в котел-утилизатор, где генерируется пар для ПТУ (рис. 3). Утилизационные ПГУ требуют высокоэкономичных высокотемпературных газовых турбин с температурой уходящих газов 630...640 °С [5] для генерирования пара высоких параметров паротурбинной установки (ПТУ). Современные ГТУ, отвечающие этим требованиям, пока могут работать либо на природном газе, либо на легких сортах жидкого топлива. Мощность ГТУ в этих установках составляет примерно 70 % мощности ПГУ. Одним из недостатков схемы является невозможность автономной работы паротурбинной части установки при останове ГТУ.

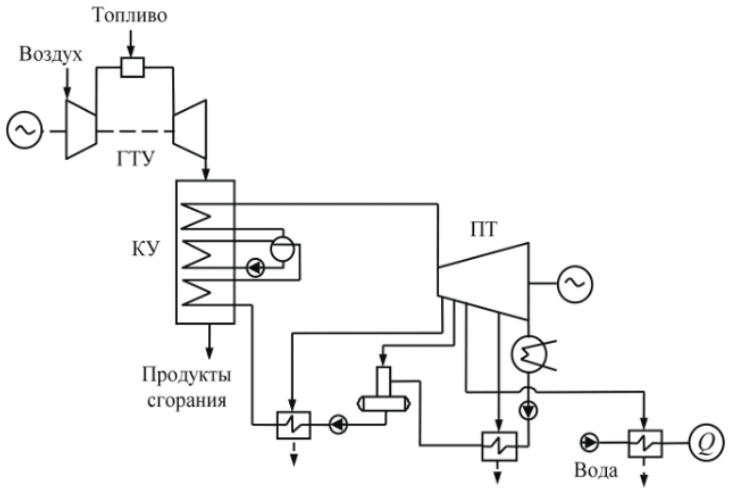


Рисунок 3 – Принципиальная схема ПГУ с КУ

Рассмотренные типы ПГУ позволяют создать энергоблоки с тепловой экономичностью на уровне 45...60 %, что в настоящее время трудно реализуемо для других типов энергоблоков. На основе анализа состояния и перспектив развития ПГУ в России, странах СНГ и за рубежом проведено сравнение эффективности различных типов комбинированных ПГУ, результаты которого показаны в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнение эффективности различных типов ПГУ

Тип ПГУ	Россия		Зарубежные страны		Уд. Капвложения, долл./кВт
	$N_э$, МВт	$\eta_э^{нт}$, %	$N_э$, МВт	$\eta_э^{нт}$, %	
ПГУ с КУ	80-490	48,6-54,9	62-972	44,8-58,2	450-800
ПГУ с ВПГ	200	37,1	70-725	40,0-44,0	1000-1600
ПГУ с НПГ	250-410	37,4-47,7	550-765	41,2-46,5	700-900
ПГУ с ГВП	410-550	43,4-47,4	-	-	700-800
ПГУ с ГСП	150-450	45,0-47,0	-	-	500-700
ПГУ с ВП	-	-	17,2-52,4	38,9-55,0	400-500

Видно, что создание и совершенствование ПГУ является перспективным направлением, при этом ПГУ с КУ отличаются высокой эффективностью.

Выводы

Использование парогазовых установок:

– позволяют достичь электрического КПД в диапазоне 58–64 %.

– имеют низкая стоимость единицы установленной мощности

– потребляют меньше воды на единицу вырабатываемой электроэнергии по сравнению с паросиловыми установками

– более технологичны в возведении и могут быть установлены за 9–12 мес.

– компактны в сравнении с другими типами электростанций, могут быть установлены вблизи объекта энергопотребления, что сокращает затраты на транспортировку электроэнергии

– однако имеют более низкую единичную мощность оборудования (160–972 МВт на 1 блок), например, с ТЭС, которые имеют мощность блока до 1200 МВт и АЭС – 1200–1600 МВт.

– необходимость осуществлять фильтрацию воздуха, используемого для сжигания топлива, с одной стороны, удорожает технологию, с другой – делает ПГУ более экологичными.

Список использованных источников

1 **Цанев, С. В., Буров, В. Д., Ремезов, А. Н.** Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов. Издательство МЭИ, 2002 – 584 с.

2 **Усмонов, Н. О., Умарджанова, Ф. Ш.** Особенности использования парогазовых установок на ТЭС // Молодой ученый. – 2016. – №11. – С. 518–522. [Электронный ресурс]. – https://moluch.ru/archive/115/30781/

3 **Боруш, О. В.** Парогазовые установки: учебное пособие / О. В. Боруш, О. К. Григорьева. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016 – 64 с.

4 GT26 Gas Turbine [Электронный ресурс]. – https://www.ansaldoenergia.com/Pages/GT26.aspx

5 **Фадеев, А. М.** Факторы и предпосылки размещения газотурбинных и парогазовых электростанций в России. – География мирового хозяйства. – №3. – 2014.

6 **Скиба, М. В.** Тенденции развития газотурбинных установок // Вестник Самарского государственного университета. Серия «Экономика и управление». 2015. №9/2(131). С. 156–164.

7 **Манушин, Э. А.** Газовые турбины: Проблемы и перспективы. – М. : Энегоатомиздат, 1986. – 198с.: ил.

8 **Рыжкин, В. Я.** Тепловые электрические станции. Учебник для вузов по специальности «Тепловые электрические станции». Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976. – 488 с.: ил.

9 **Буров, В. Д., Дорохов, Е. В., Елизаров, Д. П.** Тепловые электрические станции: учебник для вузов. Под ред. В. М. Лавыгина, А. С. Седлова, С. В. Цанева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 466 с.: ил.

10 **Ольховский, Г. Г.** Перспективы повышения экономичности ГТУ и ПГУ / Г. Г. Ольховский, В. П. Трушечкин // Электрические станции. 2013. – № 1 (978). – с. 2–7.

References

1 **Czanev, S. V., Burov, V. D., Remezov, A. N.** Gazoturbinny`e i parogazovy`e ustanovki teplovy`kh e`lektrostanczij : Uchebnoe posobie dlya vuzov [Gas-turbine and steam-gas installations of thermal power plants : A textbook for universities]. – MEI publishing house, 2002. – 584 p.

2 **Usmonov, N. O., Umardzhanova, F. Sh.** Osobennosti ispol`zovaniya parogazovy`kh ustanovok na TE`S [Features of using combined-cycle gas installations at thermal power plants] In Young scientist. – 2016. – No. 11. – P. 518–522 [Electronic resource]. – https://moluch.ru/archive/115/30781/

3 **Borush, O. V.** Parogazovy`e ustanovki : uchebnoe posobie [Combined-cycle plants : a manual] In O. V. Borus, O. K. Grigorieva. – Novosibirsk : Publishing house NGTU, 2016 – 64 p.

4 GT26 Gas Turbine [Electronic resource]. – https://www.ansaldoenergia.com/Pages/GT26.aspx.

5 **Fadeev, A. M.** Faktory` i predposy`lki razmeshheniya gazoturbinny`kh i parogazovy`kh e`lektrostanczij v Rossii. [Factors affecting the placement of gas turbine and combined-cycle power plants in Russia]. – Geography of the world economy. – No 3. – 2014.

6 **Skiba, M. V.** Tendenczii razvitiya gazoturbinny`kh ustanovok [Trends in the development of gas turbine installations.]. In Bulletin of Samara state University. Series «Economics and management». – 2015. – No. 9/2(131). – P. 156–164.

7 **Manushin, E. A.** Gazovy`e turbiny`: Problemy` i perspektivy` [Gas turbines : Problems and prospects]. – Moscow : Enegoatomizdat, 1986. – 198 p.: Il.

8 **Ryzhkin, V. Ya.** Teplovy`e e`lektricheskie stanczii : Uchebnik dlya vuzov po speczial`nosti «Teplovy`e e`lektricheskie stanczii» [Thermal power station: Textbook for higher education institutions on the specialty «Thermal power stations»]. 2nd ed., reprint. and add. – Moscow : «Energy», 1976. – 488 p.: ill.

9 **Burov, V. D., Dorokhov, E. V., Elizarov, D. P.** Teplovy`e e`lektricheskie stanczii : uchebnik dlya vuzov. [Thermal power stations : textbook for universities]. Ed. by V. M. Lavygin, A. S. Sedlov, and S. V. Tsanev. – 2nd ed., reprint. and add. – Moscow : Publishing house of MEI, 2007. – 466 p.: ill.

10 **Olkhovskij G. G.** Perspektivy` povy`sheniya e`konomichnosti GTU i PGU / [Prospects for increasing the efficiency of gas turbine and PSU] In G. G. Olkhovsky, V. P. Trushechkin In E`lektricheskie stanczii. [Electric power stations]. – 2013. – № 1 (978). – P. 2–7.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

А. К. Мергалимова, А. У. Капанова, М. К. Сагилова

ALSTOM GT26 негізіндегі бу мен газ жэо-ның қос қондырғысын дамыту

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нур-Султан қ.

Материал 30.09.20 баспаға түсті.

A. K. Mergalimova, A. U. Kapanova, M. K. Sagilova

Development of a double unit of a combined-cycle thermal power plant based on ALSTOM GT26

S.Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan
Material received on 30.09.20.

Мақалада энергетикалық дамудың ең перспективалық салаларының бірі болып табылатын жылу электр станцияларының газ турбинасы және аралас циклды электр станциялары бойынша мәселелер талқыланады. 2000 жылдан бастап газ турбинасы және аралас циклды қондырғыларының қолданылуына және олардың сапа көрсеткіштеріне талдау жүргізілді. Газ турбинасы қондырғысы мен бу турбинасы қондырғысын әртүрлі тәсілдермен біріктіру кезінде әр түрлі жылу схемалары, жұмысының негізгі сипаттамалары және жабдықтың құрамы қарастырылады. Сондай-ақ, жылу қазандығы бар аралас циклды қондырғысын пайдалануы жоғары тиімділігімен және бірқатар артықшылықтарымен ерекшеленетіндігі атап өтіледі.

Кілтті сөздер: аралас циклды қондырғылар, жылу электр станциясы, турбина, газтурбиналық қондырғы.

The article deals with issues with gas turbine and combined-cycle power plants of thermal power plants, which is one of the most promising branches of energy development. The analysis of the use of gas turbine and combined-cycle plants since the 2000s and their quality indicators is carried out. Various thermal schemes, main operating characteristics, and equipment composition are considered when combining a gas turbine unit and a steam turbine unit in various ways. It is also noted that the use of a combined-cycle plant with a heat recovery boiler is highly efficient and has a number of advantages.

Keywords: combined-cycle gas plants, thermal power plant, turbine, gas turbine plant.

МРНТИ 27.43.17

https://doi.org/10.48081/RDBW5485

С. П. Моисеева, Т. В. Бушкова
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Российская Федерация, г. Томск.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДЯЩИХ ПОТОКОВ В СИСТЕМЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЛИКОМПОНЕНТНОГО ПУАССОНОВСКОГО ПОТОКА

В настоящей статье проводится исследование двумерного случайного процесса, характеризующего число обслуженных заявок каждого типа за время t. Получено выражение для производящей функции двумерного выходящего потока. определено, что одномерные маргинальные распределения вероятностей числа выходящих заявок являются пуассоновскими, найдены основные вероятностные характеристики.

Ключевые слова: система параллельного обслуживания, выходящий поток, распределение числа заявок, полумарковские процессы, .заявки смешанного типа.

Введение

Настоящее время диктует необходимость решение различных математических и вероятностных задач, связанных с работой сетей массового обслуживания. Расширение применения сетей массового обслуживания связано с появлением сетей ЭВМ [1], совершенствованием вычислительных процессов, аппаратного и программного обеспечения вычислительных систем.

Значительный вклад в развитие теории сетей массового обслуживания внесли Г. П. Башарин, А. А. Боровков, Э. Геленбе, Дж. Джексон, В. А. Ивницкий, Ф. П. Келли, Д. Кениг, Л. Клейнрок, Ю. В. Малинковский, М. А. Маталыцкий, П. К. Поллетт, Р. Серфозо, Г. И. Фалин и многие другие.

Сегодня большой интерес для исследования представляют собой выходящие потоки – потоки уже обслуженных заявок, которые покидают СМО. Как правило, заявки проходят через несколько последовательно связанных между собой СМО: транзитная связь, производственный конвейер и т.п. В этом случае выходящий поток является входящим для следующей СМО.

В середине XX века начали появляться работы по исследованию выходящих потоков систем массового обслуживания. Первые попытки исследования выходящих потоков в рамках классической теории были сделаны во второй половине XX в. такими учеными, как П. Берк [2], П. Финч [3]. Независимо друг от друга они показали, что выходящий поток для системы с пуассоновским входящим потоком и экспоненциальным временем обслуживания также будет являться пуассоновским. А в 1963 году Н. Мирасол [4] показал, что выходящий поток систем с неограниченным числом приборов и произвольным распределением времени обслуживания, на вход которых поступает простейший поток, также является простейшим.

Изучение выходящих потоков развивается достаточно медленно, так как не существует общих методов и подходов по их исследованию. В [5] были получены асимптотические распределения вероятностей числа обслуженных заявок в смешанной системе $M/GI/1/m$ и системе $M/M/m/t$, обслуживающее устройство которой подвержено отказам. С помощью полумарковских процессов в [6] получены условия рекуррентности выходящих потоков однолинейных систем массового обслуживания. Обзор работ 50-х – 70-х годов по исследованию выходящих потоков содержится в работе [7].

Изучение свойств выходящих потоков продолжается и в настоящее время. В [8] было найдено распределение числа заявок, обслуженных за период занятости в стационарной системе $Geom/Geom/1$ с дискретным временем. Анализу выходящих потоков в системах с циклическим обслуживанием посвящены работы исследователей из школы Нижегородского государственного университета [9].

В настоящей статье приводится исследование выходящих потоков в системе параллельного обслуживания с неограниченным числом приборов в блоках, на вход которой поступают пуассоновские потоки интенсивности поток λ_1 и λ_2, а также поток парных разнотипных заявок, моменты прихода которых образуют простейший поток с интенсивностью λ. Дисциплина обслуживания зависит от типа заявки и определяется случайной величиной, имеющей экспоненциальную функцию распределения вероятностей с соответствующими параметрами. Используя терминологию[10–11] предлагаемую модель можно назвать СМО с поликомпонентным пуассоновским потоком.

Впервые модель со сдвоенными заявками была описана в в работах украинских ученых Е. А. Лебедева, А. А. Чечельницкого и О. В. Кучеренко [13] и в дальнейшем получила свое развитеие в работах [14–15] для непуассоновских входящих потоков.

Материалы и методы

Рассмотрим систему с двумя боками обслуживания (рис. 1), каждый из которых содержит неограниченное число приборов. На вход поступает три простейших потока с интенсивностью λ для сдвоенных заявок, для заявок первого и второго типа соответственно.

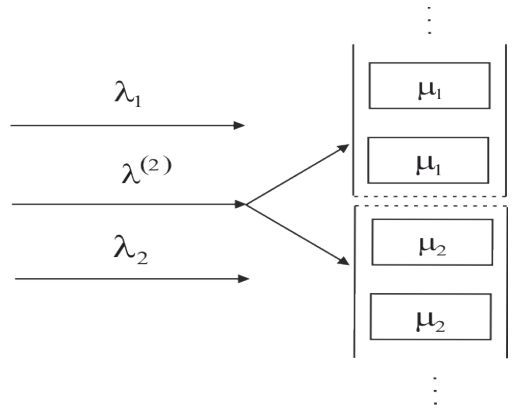


Рисунок 1 – СМО с параллельным обслуживанием заявок смешанного типа

Дисциплина обслуживания определяется тем, что одна из заявок сдвоенного потока поступает в первый, а другая во второй блоки обслуживания и занимает любой из свободных приборов, на котором выполняется ее обслуживание в течение случайного времени, распределенного по экспоненциальному закону с параметрами μ_1 и μ_2 соответственно. Также в систему поступают два простейших потока заявок λ_1 и λ_2, заявки которых занимают свободные приборы в соответствующем типу заявки блоке обслуживания.

В настоящей статье проводится исследование двумерного случайного процесса $\{n_1(t), n_2(t)\}$, характеризующего число обслуженных заявок каждого типа за время t.

Процесс $\{n_1(t), n_2(t)\}$ немарковский, поэтому введем дополнительные компоненты, а именно $i_1(t), i_2(t)$ – число занятых приборов в первом и втором блоках.

Обозначим $P(i_1, i_2, n_1, n_2, t) = P\{i_1(t) = i_1, i_2(t) = i_2, n_1(t) = n_1, n_2(t) = n_2\}$ – распределение вероятностей состояний системы.

Для распределения вероятностей рассматриваемого случайного процесса составим систему равенств:

$$P(i_1,i_2,n_1,n_2,t+\Delta t)=(1-\lambda\Delta t)(1-\lambda_1\Delta t)\times$$
$$\times(1-\lambda_2\Delta t)(1-i_1\mu_1\Delta t)(1-i_2\mu_2\Delta t)P(i_1,i_2,n_1,n_2,t)+$$
$$+\lambda\Delta tP(i_1-1,i_2-1,n_1,n_2,t)+\lambda_1\Delta tP(i_1-1,i_2,n_1,n_2,t)+\lambda_2\Delta tP(i_1,i_2-1,n_1,n_2,t)+$$
$$+(i_1+1)\mu_1\Delta tP(i_1+1,i_2,n_1-1,n_2,t)+$$
$$(i_2+1)\mu_2\Delta tP(i_1,i_2+1,n_1,n_2-1,t)+o(\Delta t) \quad (1)$$

Откуда получаем прямую систему дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\frac{\partial P(i_1,i_2,n_1,n_2,t)}{\partial t}=-(\lambda+\lambda_1+\lambda_2+i_1\mu_1+i_2\mu_2)\times$$
$$\times P(i_1,i_2,n_1,n_2,t)+(i_1+1)\mu_1P(i_1+1,i_2,n_1-1,n_2,t)+(i_2+1)\mu_2P(i_1,i_2+1,n_1,n_2-1,t)+$$
$$+\lambda P(i_1-1,i_2-1,n_1,n_2,t)+\lambda_1P(i_1-1,i_2,n_1,n_2,t)+\lambda_2P(i_1,i_2-1,n_1,n_2,t) \quad (2)$$

решение которой удовлетворяет начальным условиям:

$$P(i_1,i_2,n_1,n_2,0)=R(i_1,i_2) \quad (3)$$

где $R(i_1,i_2)$ – стационарное двумерное распределение числа занятых приборов в блоках обслуживания, которое совпадает с финальным и определяется равенством [12]:

$$P(i_1\ i_2)=\sum^{\min(i,j)}\frac{c^n}{n!}\frac{a^{i-n}}{(i-n)!}\frac{b^{j-n}}{(j-n)!}\cdot e \quad .$$

Обозначим совместную производящую функцию процесса $\{i_1(t),i_2(t),n_1(t),n_2(t)\}: F(x_1,x_2,y_1,y_2,t)=\sum_{i_1}\sum_{i_2}\sum_{n_1}\sum_{n_2}x_1^{i_1}x_2^{i_2}y_1^{n_1}y_2^{n_2}\times P(i_1,i_2,n_1,n_2,t)$

тогда получим дифференциальное уравнение в частных производных первого порядка вида:

$$\frac{\partial F(x_1,x_2,y_1,y_2,t)}{\partial t}+\frac{\partial F(x_1,x_2,y_1,y_2,t)}{\partial x_1}(x_1-y_1)\mu_1+$$
$$+\frac{\partial F(x_1,x_2,y_1,y_2,t)}{\partial x_2}(x_2-y_2)\mu_2= \quad (4)$$
$$=\left[\lambda(x_1x_2-1)+\lambda_1(x_1-1)+\lambda_2(x_2-1)\right]\times$$
$$\times F(x_1,x_2,y_1,y_2,t).$$

Будем считать, что в начальные моменты система функционирует в стационарном режиме, то есть начальные условия имеют вид:

$$F(x_1,x_2,y_1,y_2,0)=\exp\left\{\frac{\lambda}{\mu_1+\mu_2}(x_1-1)(x_2-1)+\right.$$
$$\left.+\frac{\lambda+\lambda_1}{\mu_1}(x_1-1)+\frac{\lambda+\lambda_2}{\mu_2}(x_2-1)\right\} \quad (5)$$

Используя метод характеристик (Эльсгольц Л.Э) получаем систему дифференциальных уравнений вида:

$$\frac{dt}{1}=\frac{dx_1}{\mu_1(x_1-y_1)}=\frac{dx_2}{\mu_2(x_2-y_2)}=$$
$$=\frac{dF(x_1,x_2,y_1,y_2,t)}{\left(\lambda(x_1x_2-1)+\lambda_1(x_1-1)+\lambda_2(x_2-1)\right)F(x_1,x_2,y_1,y_2,t)} \quad (6)$$

Найдем два первых интеграла системы уравнений.
Очевидно, что для уравнений:

$$dt=\frac{dx_1}{\mu_1(x_1-y_1)},\ \ dt=\frac{dx_2}{\mu_2(x_2-y_2)},$$

Они принимают вид:

$$x_1=y_1+C_1e^{\mu_1t},\quad C_1=(x_1-y_1)e^{-\mu_1t},$$
$$x_2=y_2+C_2e^{\mu_2t},\quad C_2=(x_2-y_2)e^{-\mu_2t}, \quad (7)$$

Последний интеграл получим из уравнения

$$\left(\lambda\left(x_1-1\right)\left(x_2-1\right)+\left(\lambda_1+\lambda\right)\left(x_1-1\right)+\left(\lambda_2+\lambda\right)\left(x_2-1\right)\right)dt= =\frac{dF\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)}{F\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)}\cdot$$

$$+\left(\lambda_2+\lambda\right)\left(y_2-1+C_2e^{\mu_2 t}\right)\Big)dt=\frac{dF\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)}{F\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)} \qquad (8)$$

Откуда, используя (7) имеем:

$$\left(\lambda\left(y_1-1+C_1e^{\mu_1 t}\right)\left(y_2-1+C_2e^{\mu_2 t}\right)+\left(\lambda_1+\lambda\right)\left(y_1-1+C_1e^{\mu_1 t}\right)\right.$$

$$\left.+\left(\lambda_2+\lambda\right)\left(y_2-1+C_2e^{\mu_2 t}\right)\right)dt=\frac{dF\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)}{F\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)} \qquad (9)$$

После преобразований получаем дифференциальное уравнение вида:

$$\Big[\lambda\left(\left(y_1-1\right)\left(y_2-1\right)+C_1C_2e^{(\mu_1+\mu_2)t}\right)+$$

$$\left(\lambda_1+\lambda+\lambda C_2e^{\mu_2 t}\right)\left(y_1-1\right)+$$

$$+\left(\lambda_2+\lambda+\lambda C_1e^{\mu_1 t}\right)\left(y_2-1\right)+$$

$$+\left(\lambda_1+\lambda\right)C_1e^{\mu_1 t}+\left(\lambda_2+\lambda\right)C_2e^{\mu_2 t}\Big]dt=$$

$$=\frac{dF}{F\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)} \qquad (10)$$

Решение которого имеет вид:

$$\ln F\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)-\ln C_3=$$

$$\lambda\left(y_1-1\right)\left(y_2-1\right)t+\frac{\lambda}{\mu_1+\mu_2}C_1C_2e^{(\mu_1+\mu_2)t}+$$

$$+\left(\left(\lambda_1+\lambda\right)t+\frac{\lambda}{\mu_2}C_2e^{\mu_2 t}\right)\left(y_1-1\right)+$$

$$+\left(\left(\lambda_2+\lambda\right)t+\frac{\lambda}{\mu_1}C_1e^{\mu_1 t}\right)\left(y_2-1\right)+$$

$$\frac{\lambda_1+\lambda}{\mu_1}C_1e^{\mu_1 t}+\frac{\lambda_2+\lambda}{\mu_2}C_2e^{\mu_2 t} \qquad (11)$$

Предполагая, что $C_3=\Phi(C_1,C_2)$
можем записать:

$$F\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)=\Phi(C_1,C_2)\times\exp\left\{\frac{\lambda}{\mu_1+\mu_2}C_1C_2e^{(\mu_1+\mu_2)t}+\right.$$

$$+\frac{\lambda}{\mu_2}C_2e^{\mu_2 t}\left(y_1-1\right)+\frac{\lambda}{\mu_1}C_1e^{\mu_1 t}\left(y_2-1\right)+\frac{\lambda_1+\lambda}{\mu_1}C_1e^{\mu_1 t}++\frac{\lambda_2+\lambda}{\mu_2}C_2e^{\mu_2 t}+\lambda\left(y_1-1\right)\left(y_2-1\right)t+$$

$$\left.+\left(\lambda_1+\lambda\right)\left(y_1-1\right)t+\left(\lambda_2+\lambda\right)\left(y_2-1\right)t\right\} \qquad (12)$$

Подставляя выражения для C_1 и C_2 в (7)

$$F\left(x_1,x_2,y_1,y_2,t\right)=\Phi(\left(x_1-y_1\right)e^{-\mu_1 t},\left(x_2-y_2\right)e^{-\mu_2 t})\times$$

$$\times\exp\left\{\frac{\lambda}{\mu_1+\mu_2}\left(x_1-y_1\right)\left(x_2-y_2\right)+\right.$$

$$+\frac{\lambda}{\mu_2}\left(x_2-y_2\right)\left(y_1-1\right)+\frac{\lambda}{\mu_1}\left(x_1-y_1\right)\left(y_2-1\right)+$$

$$+\frac{\lambda_1+\lambda}{\mu_1}\left(x_1-y_1\right)+\frac{\lambda_2+\lambda}{\mu_2}\left(x_2-y_2\right)+\lambda\left(y_1-1\right)\left(y_2-1\right)t+$$

$$\left.+\left(\lambda_1+\lambda\right)\left(y_1-1\right)t+\left(\lambda_2+\lambda\right)\left(y_2-1\right)t\right\}$$

Учитывая начальное условие запишем:

$$\Phi\left(\left(x_1-y_1\right),\left(x_2-y_2\right)\right)=$$

$$=\exp\left\{\frac{\lambda}{\mu_1+\mu_2}\left[\left(x_1-1\right)\left(x_2-1\right)-\right.\right.$$

$$\left.-\left(x_1-y_1\right)\left(x_2-y_2\right)\right]+\frac{\lambda+\lambda_1}{\mu_1}\left(y_1-1\right)+$$

$$+\frac{\lambda+\lambda_2}{\mu_2}\left(y_2-1\right)-\frac{\lambda}{\mu_2}\left(x_2-y_2\right)\left(y_1-1\right)-$$

$$\left.-\frac{\lambda}{\mu_1}\left(x_1-y_1\right)\left(y_2-1\right)\right\} \qquad (13)$$

Тогда выражение (12) для $F(x_1, x_2, y_1, y_2, t)$ примет вид

$$F(x_1,x_2,y_1,y_2,t)=\exp\left\{\frac{\lambda}{\mu_1+\mu_2}(x_1-1)(x_2-1)+\frac{\lambda_2+\lambda}{\mu_2}(x_2-1)+\lambda(y_1-1)(y_2-1)t+\right.$$

$$\left.(\lambda_1+\lambda)(y_1-1)t+(\lambda_2+\lambda)(y_2-1)t\right\}$$

И подставляя (7) , получаем окончательное выражение

$$F(x_1,x_2,y_1,y_2,t)=\exp\left\{\frac{\lambda}{\mu_1+\mu_2}(x_1-1)(x_2-1)+\right.$$

$$+\frac{\lambda_1+\lambda}{\mu_1}(x_1-1)+\frac{\lambda_2+\lambda}{\mu_2}(x_2-1)+\frac{\lambda_1+\lambda}{\mu_1}(x_1-1)+$$

$$+\frac{\lambda_2+\lambda}{\mu_2}(x_2-1)+\lambda(y_1-1)(y_2-1)t+$$

$$\left.+(\lambda_1+\lambda)(y_1-1)t+(\lambda_2+\lambda)(y_2-1)t\right\} \quad (14)$$

Полагая $x_1=1$ и $x_2=1$, получаем выражение для производящей функции двумерного выходящего потока

$$F(y_1,y_2,t)=\exp\left\{\lambda(y_1-1)(y_2-1)t+(\lambda_1+\lambda)(y_1-1)t+\right.$$

$$\left.+(\lambda_2+\lambda)(y_2-1)t\right\} \quad (15)$$

Одномерные маргинальные распределения вероятностей числа выходящих заявок являются пуассоновскими и имеют вид: $F(y_1,t)=\exp\left\{(\lambda_1+\lambda)(y_1-1)t\right\}, F(y_2,t)=\exp\left\{(\lambda_2+\lambda)(y_2-1)t\right\}$.

Результаты и обсуждения

Основные вероятностные характеристики

Согласно свойствам производящей функции, взяв производные соответствующих порядков, можно получить основные вероятностные характеристики.

Учитывая, что

$$F(y_1,y_2,t)=\exp\left\{\lambda(y_1-1)(y_2-1)t+\ +(\lambda_1+\lambda)(y_1-1)t+(\lambda_2+\lambda)(y_2-1)t\right\},$$

имеем:

$$\frac{\partial F(y_1,y_2,t)}{\partial y_1}=\left[\lambda(y_2-1)+(\lambda_1+\lambda)\right]t\times$$

$$\times\exp\left\{\lambda(y_1-1)(y_2-1)t+(\lambda_1+\lambda)(y_1-1)t+\right.$$

$$\left.+(\lambda_2+\lambda)(y_2-1)t\right\}=\left[\lambda y_2+\lambda_1\right]t\cdot F(y_1,y_2,t)$$

$$\frac{\partial^2 F(y_1,y_2,t)}{\partial y_1^{\,2}}=\left[\lambda y_2+\lambda_1\right]t\cdot\frac{\partial F(y_1,y_2,t)}{\partial y_1}=$$

$$=\left(\left[\lambda y_2+\lambda_1\right]t\right)^2 F(y_1,y_2,t),$$

Аналогично

$$\frac{\partial F(y_1,y_2,t)}{\partial y_2}=\left[\lambda(y_1-1)+(\lambda_2+\lambda)\right]t\times$$

$$\times\exp\left\{\lambda(y_1-1)(y_2-1)t+(\lambda_1+\lambda)(y_1-1)t+\right.$$

$$\left.+(\lambda_2+\lambda)(y_2-1)t\right\}=\left[\lambda y_1+\lambda_2\right]t\cdot F(y_1,y_2,t)$$

$$\frac{\partial^2 F(y_1,y_2,t)}{\partial y_2^{\,2}}=\left[\lambda y_1+\lambda_2\right]t\cdot\frac{\partial F(y_1,y_2,t)}{\partial y_2}=\ =\left(\left[\lambda y_1+\lambda_2\right]t\right)^2 F(y_1,y_2,t)$$

Учитывая свойства производящих функций получим математическое ожидание числа обслуженных заявок в первом и втором блоках системы:

$$M\left\{n_k(t)\right\}=\left.\frac{\partial F(y_1,y_2,t)}{\partial y_k}\right|_{\substack{x_1=1\\x_2=1}}=(\lambda+\lambda_k)t$$

$$\left.\frac{\partial^2 F(y_1,y_2,t)}{\partial y_k^{\,2}}\right|_{\substack{y_1=1\\y_2=1}}=M\left\{n_k(t)\right\}^2-M\left\{n_k(t)\right\}=$$

$$\left((\lambda+\lambda_k)t\right)^2,\ (k=1,2).$$

Дисперсия числа обслуженных заявок в первом и втором блоках системы имеет вид:

$$D\left\{n_k(t)\right\}=M\left\{n_k(t)\right\}^2-M^2\left\{n_k(t)\right\}$$

$$=\left((\lambda+\lambda_k)t\right)^2+\left((\lambda+\lambda_k)t\right)-\left((\lambda+\lambda_k)t\right)^2==(\lambda+\lambda_k)t,\ (k=1,2)$$

Используя явный вид производящей функции, можно найти выражение для коэффициента корреляции между компонентами процесса обслуженных требований в рассматриваемой модели. Для этого с помощью определим корреляционный момент

$$\frac{\partial^2 F(y_1,y_2,t)}{\partial y_1 \partial y_2} = \lambda t F(y_1,y_2,t) + [\lambda y_2 + \lambda_1] t \cdot \frac{\partial F(y_1,y_2,t)}{\partial y_2} =$$

$$= \left\{\lambda t + [\lambda y_2 + \lambda_1][\lambda y_1 + \lambda_2] t^2\right\} F(y_1,y_2,t) \ ,$$

$$M\{n_1(t) n_2(t)\} = \left.\frac{\partial^2 F(y_1,y_2,t)}{\partial y_1 \partial y_2}\right|_{\substack{y_1=1 \\ y_2=1}} = [\lambda + \lambda_1][\lambda + \lambda_2] t^2 \ .$$

Тогда

$$r(n_1(t) n_2(t)) = \frac{\operatorname{cov}(n_1(t) n_2(t))}{\sqrt{Dn_1(t) Dn_2(t)}} =$$

$$= \frac{\lambda t + [\lambda + \lambda_1][\lambda + \lambda_2] t^2 - [\lambda + \lambda_1][\lambda + \lambda_2] t^2}{\sqrt{(\lambda + \lambda_1) t (\lambda + \lambda_2) t}} =$$

$$= \frac{\lambda}{\sqrt{(\lambda + \lambda_1)(\lambda + \lambda_2)}}$$

Выводы

В работе проведено исследование СМО с двумя блоками обслуживания, каждый из которых содержит неограниченное количество приборов. Получено выражение для определения производящей функции двумерного выходящего потока, определено, что одномерные маргинальные вероятности являются пуассоновскими, найдены основные вероятностные характеристики.

Список использованных источников

1 **Жожикашвили, В. А., Вишневский, В. М.** Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. – М. : Радио и связь, 1988. 192 с.

2 **Burke, P. J.** The Output of Queueing Systems // Operations Research. – 1956. – V. 4. – P. 699–704. – 100.

3 **Reich, E.** Waiting Times When Queues are in Tandem // Ann. Math. Statist. – 1957. – V. 28. – No. 3. – P. 768.

4 **Mirasol, N. M.** The output of an M | G | oo queueing system is Poisson // Operations Research. – 1963. – No. 11. – P. 282–284.

5 **Акулиничев, Н. М., Горский, JI. К.** Об асимптотических распределениях выходящих потоков некоторых систем массового обслуживания // Кибернетика. – 1973. – № 1. – С. 71–78.

6 **Disney, R. L., Farell, R. L., de Morais, P. R.** Characterization of M|G|1 Queues with Renewal Departure Processes // Manag. Sci. – 1973. – V. 19. – No. 11. – P. 1222–1228.

7 **Dalay, D. J.** Queueing Output Procecces // Adv. Appl. Probab. – 1976. – V. 8. – P. 395–415.

8 **Goswami, V.** Distribution of the number of customs served during a busy period in a discrete time Geom|Geom|l // Indian J. Pure Appl. Math. – 2002. – V. 33. – No. 9. – P. 1405–1508.

9 **Пройдакова, Е. В., Федоткин, М. А.** Определение условий существования стационарного распределения выходных потоков в системе с циклическим управлением // Автоматика и телемеханика. –2008. – № 6. – С. 96–106.

10 **Кирпичников, А. П., Титовцев, А. С.** Второй начальный момент времени ожидания начала обслуживания в системах дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 5. – С. 147–152.

11 **Кирпичников, А. П., Титовцев, А. С.** Расчёт плотности распределения времени ожидания в системах дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 5. – С. 279–281.

12 **Ивановская, И. А.** Исследование математической модели параллельного обслуживания заявок смешанного типа / С. П. Моисеева, И. А. Ивановская // Известия Томского политехнического университета. Управление, вычислительная техника и информатика – 2010. – Т. 317. – № 5. – С. 32–34.

13 **Чечельницкий, А. А., Кучеренко, О. В.** Стационарные характеристики параллельно функционирующих систем обслуживания с двумерным входным потоком // Сборник научных статей. – Минск, 2009. – Вып. 2. – С. 262–268.

14 **Синякова, И. А.** Исследование системы MAP(2)|GI2|∞ методом просеянного потока. / С. П. Моисеева, И. А. Синякова // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2012. – Вып. №1 (49). – С. 47–53.

15 **Синякова, И. А.** Метод моментов для исследования математической модели параллельного обслуживания сдвоенных заявок потока марковского восстановления / С. П. Моисеева, И. А. Синякова // Известия Томского

политехнического университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2012. – Т. 321. – № 5. – С. 24–29.

References

1 **Zhozhikashvili, V. A., Vishnevskij, V. M.** Seti massovogo obsluzhivaniya. Teoriya i primenenie k setyam EVM. [Mass service Networks. Theory and application to computer networks]. – Moscow : Radio i svyaz', 1988. – P. 192.

2 **Burke, P. J.** The Output of Queueing Systems. In Operations Research. 1956. – Vol. 4. – P. 699–704. 100.

3 **Reich, E.** Waiting Times When Queues are in Tandem. In Ann. Math. Statist. 1957. – Vol. 28. – No. 3. – P. 768.

4 **Mirasol, N. M.** The output of an M | G | oo queueing system is Poisson. In Operations Research. – 1963. – No. 11. – P. 282–284.

5 **Akulinichev, N. M., Gorsky, JI. K.** Ob asimptoticheskix raspredeleniyax vy`xodyashhix potokov nekotory`x sistem massovogo obsluzhivaniya [On asymptotic distributions of outgoing flows of some Queuing systems] In Cybernetics. – 1973. – No. 1. – P. 71–78. 5.

6 **Disney, R. L., Farell, R. L., de Morais, P. R.** Characterization of M|G|1 Queues with Renewal Departure Processes. In Manag. Sci. – 1973. – V. 19. – No. 11. – P. 1222–1228.

7 **Dalay, D. J.** Queueing Output Procecces. In Adv. Appl. Probab. – 1976. – Vol.8. – P. 395–415.

8 **Goswami, V.** Distribution of the number of customs served during a busy period in a discrete time Geom|Geom|l. In Indian J. Pure Appl. Math. – 2002. – Vol. 33. – No. 9. – P. 1405–1508.

9 **Projdakova, E. V., Fedotkin, M. A.** Opredelenie uslovij sushchestvovaniya stacionarnogo raspredeleniya vyhodnyh potokov v sisteme s ciklicheskim upravleniem [Determining the conditions for the existence of a stationary distribution of output flows in a system with cyclic control] In Avtomatika i telemekhanika. – 2008. – No 6. – P. 96–106.

10 **Kirpichnikov, A. P., Titovcev, A. S.** Vtoroj nachal'nyj moment vremeni ozhidaniya nachala obsluzhivaniya v sistemah differencirovannogo obsluzhivaniya polikomponentnyh potokov [The Second initial moment of waiting time for the start of service in systems of differentiated service of multicomponent flows]. In Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – Vol. 18. – No 5. – P. 147–152.

11 **Kirpichnikov, A. P., Titovcev, A. S.** Raschyot plotnosti raspredeleniya vremeni ozhidaniya v sistemah differencirovannogo obsluzhivaniya polikomponentnyh potokov [Calculation of the waiting time distribution density in

systems of differentiated service of multicomponent flows]. In Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – Vol. 17. – No 5. – P. 279–281.

12 **Ivanovskaya, I. A.** Issledovanie matematicheskoj modeli parallel'nogo obsluzhivaniya zayavok smeshannogo tipa [Research of the mathematical model of parallel servicing of mixed-type applications]. S. P. Moiseeva, I. A. Ivanovskaya (eds.). In Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. – 2010. – Vol. 317. – No. 5. – P. 32–24.

13 **Chechelnickij, A. A., Kucherenko, O. V.** Stacionarnye harakteristiki parallel'no funkcioniruyushchih sistem obsluzhivaniya s dvumernym vhodnym potokom [Stationary characteristics of parallel functioning service systems with two-dimensional input flow]. In Sbornik nauchnyh statej. – Minsk, 2009. – No. 2. – P. 262–268.

14 **Sinyakova, I. A.** Issledovanie sistemy MAP(2)|GI2|∞ metodom proseyannogo potoka. [Investigation of the MAP(2)|GI2|∞ system by the sifted flow method.] In S. P. Moiseeva, I. A. Sinyakova (eds.). In Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – No. 1 (49). – P. 47–53.

15 **Sinyakova, I. A.** Metod momentov dlya issledovaniya matematicheskoj modeli parallel'nogo obsluzhivaniya sdvoennyh zayavok potoka markovskogo vosstanovleniya [Method of moments for the study of the mathematical model of parallel servicing of dual applications of the Markov recovery flow]. In S.P. Moiseeva, I. A. Sinyakova (eds.). In Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. – 2012. – Vol. 321. – No. 5. – P. 24–29.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

С. П. Моисеева, Т. В. Бушкова

Көп компонентті пуассон ағынына параллель қызмет көрсету жүйесіндегі шығыс ағындарды зерттеу

Томск мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті,
Ресей Федерациясы, Томск қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

S. P. Moiseeva, T. V. Bushkova

Study of outgoing flows in a parallel service system for a multicomponent poisson flow

National Research Tomsk State University,
Russian Federation, Tomsk.
Material received on 30.09.20.

Осы мақалада t уақытындағы әр типтегі қызмет көрсетілген өтінімдердің санын сипаттайтын екі өлшемді кездейсоқ процесті зерттеу жүргізіледі. шығарылған өтінімдер санының бір өлшемді маргиналды ықтималдылық үлестірімі Пуассон екендігі анықталды, негізгі ықтималдық сипаттамалары табылды.

Кілтті сөздер: параллель қызмет көрсету жүйесі, Шығыс ағыны, өтінімдер санын бөлу, жартылай парк процестері,.аралас түрдегі өтінімдер.

In this article, we study a two-dimensional random process that characterizes the number of served requests of each type during time t. We obtain an expression for the generating function of a two-dimensional outgoing flow. It is determined that the one-dimensional marginal probability distributions of the number of outgoing applications are Poisson, and the main probability characteristics are found.

Keywords: parallel service system, outgoing flow, distribution of the number of requests, semi-Markov processes, mixed-type requests.

МРНТИ 44.09.00

https://doi.org/10.48081/UPTM6821

А. Д. Муханбетова, Б. Т. Бахтияр,
Г. Ә. Әкімбек, Д. О. Искаков
Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

Е-2,5-0,9 ГМ БАРАБАНДА ДЕҢГЕЙДІ ӨЛШЕУ ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ СОРҒЫЛАРДЫ АУЫСТЫРУ

Мақалада отын мен қоректік суды үнемдеу мәселесін алға қоя отырып Е-2,5-0,9 ГМ барабанда деңгейді өлшеу жүйесін қолдану және қазіргі соргы түрлерін тиімдірек маркалы соргыларга ауыстырып,барабандагы су деңгейін арнайы қысым реттегішті орнату арқылы бақылау және оны автоматтандыру.

Кілтті сөздер: қазандық, барабан, бу, су, деңгей, реттеуіш.

Кіріспе

«Көкжиек» қазандығы Алматы қаласындағы Жетісу ауданының «Көкжиек» ықшам ауданыныңтұрғындарын қамтамасыз етуге араналған қазандығы.Қазандықта 2хКВГМ-23,26-150 су жылытатын және 2хЕ-2,5 бу қазандықтары орнатылған. Бу қазандығы өз қажеттіліктері үшін пайдаланылады. Қазандық бойынша техникалық мәліметтер 1-кестеде берілген.

Кесте 1 – Е-2,5 қазанының техникалық сипаттамасы

Қазанның түрі	Бу қазаны
Номиналды бу өнімділігі, т/сағ	2,5(0,69)
Қаныққан будың абсолют қысымы, МПа	0,9(9,0)
Отынның есептік шығыны, м^3/сағ, кг/сағ:	210
Қоректік судың температурасы, 0 ºС(есептік):	50
Шығар газдардың температурасы, ºС	210
Орнатылған электр қуаты, кВт	12

Кесте 2 – КВГМ-11,63-150 қазандығының техникалық сипаттамасы

Қазанның түрі	Су жылытқыш
Есептік отынның түрі	1-Газ; 2-Сұйық отын
Жылуөнімділігі, ГКал/сағ	10
Жылуөнімділігі, МВт	11,63
Шығардағы жылутасымалдағыштың жұмыс (артық) қысымы, МПа (кгс/см^2)	1,0-2,25 (10-22,5)
Судың температуралық кестесі, °С	70-150
Есептік ПӘК (№1 отын), %	90,12-91,01
Есептік отын шығыны (№1 отын), кг/сағ (м^3/сағ – газ және сұйық отын үшін)	2530
Есептік отын шығыны (№2 отын), кг/сағ (м^3/сағ – газ және сұйық отын үшін)	2450

Негізгі бөлім

Бу және су бөлігіне барабанды қазандар үшін су жіберу жолы барабанмен бөлінген. Будың шығыны бу-бу турбиналарының тұтынушыларына байланысты қазандық өнімділігін анықтайды. Бу шығысы арнайы тарылғыш құрылғының көмегімен өлшенеді. Тракттің кірісі қоректік магистраль, жұмыс ортасы – қоректік су болып табылады.

Бу шығыны мен қоректік су шығыны балансының көрсеткіштері барабандағы су деңгейі болып табылады. Барабандағы деңгейді бақылау бу генерациясының технологиялық процесінің жүруінде маңызды рөл атқарады.

Қазандық агрегаттарының қоректенуін реттеу және қазандық барабандарындағы қысымды реттеу негізінен қарсы бу мен су беру арасындағы материалдық балансты ұстап тұруға әкеледі. Параметрді сипаттайтын баланс қазандықтағы барабанның су деңгейі болып табылады. Қазандық агрегатының жұмыс сенімділігі көбінесе деңгейді реттеу сапасымен анықталады.

Деңгейдің артуы авариялық салдарға әкеледі, себебі бу қыздырғышқа су құйылуы мүмкін, бұл оның істен шығуына әкеледі. Осыған байланысты, берілген деңгейді ұстап тұру дәлдігіне өте жоғары талаптар қойылады. Қоректі реттеу сапасы қоректік суды беру тепе-теңдігімен анықталады. Қазандықтың сумен біркелкі қоректенуін қамтамасыз ету қажет, өйткені қоректік су шығынының жиі және терең өзгеруі экономайзер металында айтарлықтай температуралық кернеуді тудыруы мүмкін.

Табиғи айналымы бар қазандықтың барабандарына өтпелі режимдерде көрінетін елеулі жинақтаушы қабілеті тән. Егер стационарлы режимде қазандық барабанындағы су деңгейінің жағдайы материалдық баланстың жай-күйімен анықталса, онда өтпелі режимдерде деңгейдің жағдайына үлкен

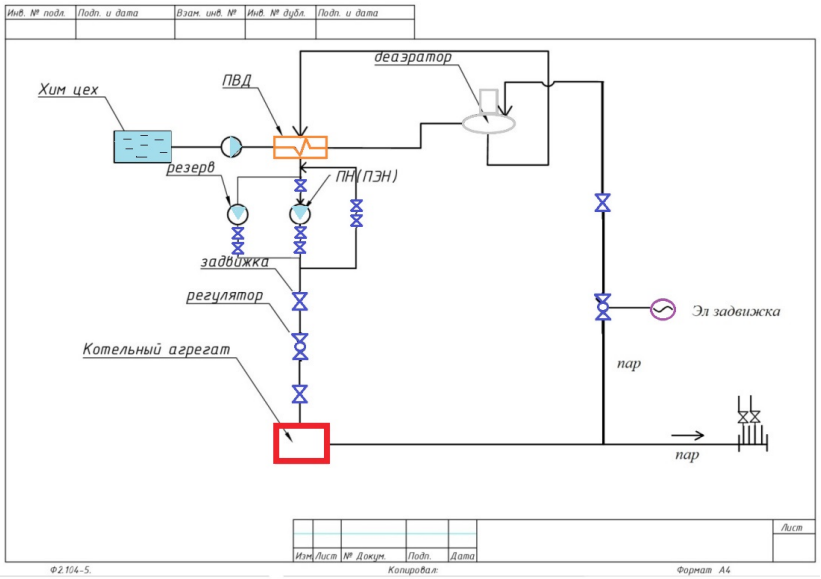
ауытқу мөлшері әсер етеді. Олардың негізгілері қоректік су шығынының өзгеруі, тұтынушы жүктемесінің өзгеруі кезінде қазандықтың бу көтеруінің өзгеруі, от жағу жүктемесінің өзгеруі кезінде бу өнімділігінің өзгеруі, қоректік су температурасының өзгеруі болып табылады.

Осы схемада барабандағы су деңгейін реттеу мәселесін шешу қажет.

Барабандағы су деңгейінің реттеуіші «0» су деңгейін қолдамайды.

– деңгей -25 төмен төмендеген кезде, жүйе салыстырмалы түрде үлкен көлемде су береді. Су жылытатын су жылытқыштар үшін деаэратор жинағышының бағындағы су жылытатын будың көп мөлшері жұмсалады.

– бұл бу шығысының ұлғаюына алып келеді, осылайша тұтынушыларға келіп түсетін будың көлемін төмендетеді.



Сурет 1 – Е-2,5 қазандығының қоректендіру схемасы

Реттегіштің (регулятор) міндеті:

– барабандағы судың оңтайлы деңгейін қамтамасыз ететін қазандық қондырғысының жұмыс режимін құру.

– Жинақтағыш бактағы судың оңтайлы деңгейін қамтамасыз ету.

– Деаэрацияға будың ыңғайлы шығыны.

– Қазандық қондырғысындағы наразылықтарды төмендету және қазандықты жабу жүйесі.

Шешімдердің жүргізілген талдауына сүйене отырып, 2-бөлімде ұсынылған қысымды реттеуіштердің жаңа түрлерін пайдалану ұсынылады.

Көкжиек қазандығының жұмыс істеуіне ұсынылған шешім:

Сумен жабдықтау жүйесіндегі су қысымының реттеуіші

– қысым реттеуіші;

– қысым ауытқуы;

– қайта жіберу.

Тікелей әсер ететін қысым реттегіштері, тікелей әсер ететін қысым ауытқуының реттегіштері және ВРПД, ВРДД және ВРДД-01 тікелей әсер ететін қайта іске қосу реттегіштері жылыту (СО) және ыстық сумен жабдықтау (ГВС) жүйелерінің құбыржолдарын қоса алғанда, шығу жолын өзгерту жолымен әртүрлі мақсаттағы құбыржолдардағы су қысымының қажетті көлемін немесе айырымын автоматты түрде қолдау үшін пайдаланылады.

Тікелей әсер ететін реттеуіштер реттеуші құрылғылар болып табылады, олар үшін ағын жұмыс ортасының қысымы реттеуші клапанды қайта орнату үшін қажетті энергияны береді. Реттеуішті басқару гидравликалық мембраналық атқару механизмі (МАМ) арқылы жүргізіледі, оның жұмыс камераларына импульстік түтіктер бойынша құбырдың әр түрлі учаскелерінен қысым беріледі.

Ағынға әсер реттеуіштің түріне және объектінің принципті схемасына байланысты қысымның төмендеуінен немесе ұлғаюынан көрінеді.

Реттеуіштегі қысымның ең жоғары рұқсат етілген ауытқуы-0,4 МПа. Бұйымдардың қызмет ету мерзімін ұлғайту және шу деңгейін азайту үшін реттегіштегі қысымның 0,2 МПа-дан артық болмауы керек.

Реттеуіштің таңдалуыныңтеориялық тәсілі олардың артықшылықтарын ескере отырып, осындай шешімге әкелді:

Су мен бу қысымын реттегіштердің артықшылықтары:

– қысым дұрыс берілгенде мембрананы зақымданудан қорғау;

– реттегіш гайка орнатылған подшипник, бұл процесті баптауды айтарлықтай жеңілдетеді;

– баптау кезінде шағын маңызы бар қысымдарда сомын кілтісіз қолмен бұрауға болады;

– поршеньнің үстінде орналасқан түсіру камерасына суды кіргізуге арналған плунжердегі тесіктер алдында түсіру камерасының ластануын болдырмау үшін саңылаулы сүзгі орнатылған;

– жұмыс ортасымен жанасатын бөлшектер ыстық судың әсеріне төзімді материалдардан жасалған;

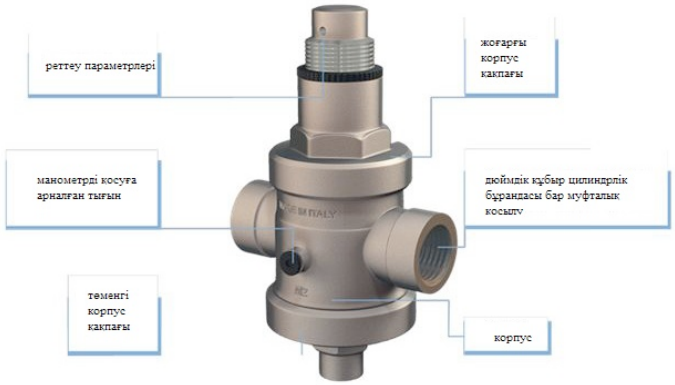
– бір DN үшін бірнеше KV мәні; Тапсырыс берушінің талабы бойынша KV стандартты емес мәндерімен реттеуіштер дайындалады;

– DN 15 реттеуіштер желісін жасау...DN 200;

– кез келген жағдайда орнату мүмкіндігі: көлденең, тік және көлбеу құбырларда, жоғары, төмен, жағына қарай, кез келген бағытта;

– жұмыс ортасындағы бұрандалы қосылыстар жоғары температуралы герметикпен жабылады, бұл пайдалану кезінде бөлшектердің өздігінен бұралу мүмкіндігін болдырмайды.

Реттеуіштің алдында сүзгіні орнату ұсынылады.Реттеуішті тік жетекті төмен немесе жоғары орнату. Вертикалдан рұқсат етілген ауытқу 20°С. Импульсті түтікшелерді құбырға көлденең бүйірге шар краны немесе вентиль арқылы қосу қажет, бұл импульсті түтікшелерден қысымды ажыратуға мүмкіндік береді.



Сурет 2 – Реттеуіш сипаттамасы

Сонымен қатар, «Көкжиек» қазандығындағы сорғыны ауыстыру туралы ұсыныс бойынша бірінші кезекте қазіргі «LOWARA» маркалысорғының кемшіліктері көрсетілді.

Кесте 3 – «LOWARA» маркалы сорғының кемшіліктері

Сорғы типі	Дайындаушы зауыт	Қоректік сорғыға су кірердегі максимал температура, С°	Номиналды Беру, ($м^3$/сағ)	Беру кезінде сорғы арынының қысымы, МПа	Айналу жиілігі, айн/мин	Арын,м
Вертикалды көпсатылы центрден тепкіш сорғы LOWARA SV216N2,2T	Италиянды фирма «LOWARA»	120	4,2	2,2	2900	59

– сирек бөлшектер және өте қымбат;

– «Келет» маркалы сорғымен ауыстырылады, бұл маркалы сорғының сапасы нашар;

– көпсатылы, яғни бірсатылы сорғыға қарағанда ПӘК-і 30 % – 40 %-ға төмен және өзіне кететін шығыны көбірек;

– жұмыс істеу ұзақтығы орташа 1,5–2 жыл;

– істен шығу уақыты (2–5 жыл), осы проблеманың салдарынан сорғыны әр 2–5 жыл сайын ауыстыруға тура келеді;

– үнемі жұмыс істей алмайды, әр 15 минут сайын өшіріледі және мұқтаждығы бойынша қосылады;

– судың жұмсалуы 50 м^3.

Кесте 4 – Ұсынылған ортадан тепкіш-тік сорғы және сипаттамалары

Сорғы типі (Ресей)	Беру, (м^3/сағ)	Арын, м	Айналу жиілігі, айн/мин	Қозғалтқыш қуаты, кВт
ЦМК65/1251,1/4	25	44	1500	1,1

Екі сорғының салыстырмалы түрде ПӘК-і мен пайдалы қуатын есептейтін болсақ:

«Lowara»сорғысының пайдалы қуаты:

$$N_{ж} = \rho g Q H = 1000 \cdot 9.8 \cdot 4.2 \cdot 59 = 2428.44 \text{ кВт}$$

«Lowara»сорғысының гидравликалық ПӘК-і:

$$\eta_г = \frac{H}{H+h} = \frac{59}{59+0,22} = 0,99$$

мұндағы, h – гидравликалық жоғалту; $h_{ж} = \frac{P}{\rho g} = \frac{2.2 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9.8} = 0,22\ м$,

H_m-арын «Lowara» сорғысының ПӘК-і:

$$\eta_{ж} = \eta_г \cdot \eta_м \cdot \eta_о = 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 0,89$$

Бұл бірсатылы сорғының ПӘК-і, яғни 89 %, ал қазіргі сорғы көпсатылы болғаннан соң, осы ПӘК-тен кем дегенде 30 %-ға аз сонда максималды ПӘК 65 %-ке тең болады.

Ұсынылған сорғының пайдалы қуаты:

$$N_{ж} = \rho g Q H = 1000 \cdot 9.8 \cdot 25 \cdot 44 = 10780 кВт$$

Ұсынылғансорғының гидравликалық ПӘК-і:

$$\eta_г = \frac{H}{H+h} = \frac{44}{44+0,1} = 0,99$$

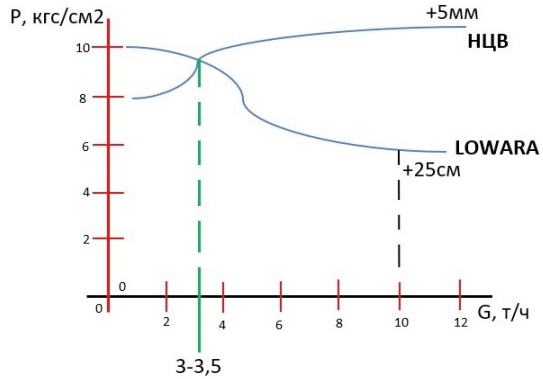
мұндағы; h – гидравликалық жоғалту; $h_{ж} = \frac{P}{\rho g} = \frac{1100}{1000 \cdot 9.8} = 0,1\ м$

Ұсынылған сорғының ПӘК-і:

$$\eta_{ж} = \eta_г \cdot \eta_м \cdot \eta_о = 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 0,9$$

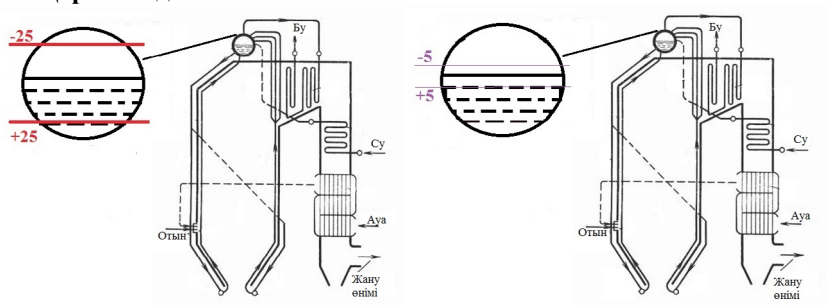
Сурет 3 – Сорғының су айдауға кететін уақыты

Яғни, ұсынылып отырған ЦМК65/1251,1/4 сорғысының ПӘК-і 90 % болып қалады, себебі, бұл сорғы бірсатылы. Осы себепке байланысты сорғының пайдалы қуаты шамамен 3–3,5 есеге коп, өйткені, өзіне кететін шығыны аз.



Сурет 4 – Сорғының қысымға байланысты су шығыны

Қорытынды



Сурет 5 – Барабанды қазандықтың реттегішсіз және реттегішпен жұмысының жалпы салыстырмасы

Бұл суретте сорғының қазіргі жұмысы кезіндегі барабанның күйі көрсетілген. Және ұсынылған жұмыс жүйесінің мүмкін болатын өзгерістері, яғни реттеуіштің сорғымен бірлескен жұмысы.

Қалың сызық қазіргі жағдайды көрсетеді. Будың максимал деңгейі (-25мм) және судың максимал деңгейі (+25мм) көрсетілген. Қазіргі кезде критикалық жағдайлар кезінде дабыл сорғыға түседі, ал сорғы суды сорып барабанға беру үшін уақыт өтіп, сорғының қысымы 50м^3 суды айдап акелуге ғана жетеді, сол себепті судың деңгейі +25мм жеткенге дейін су суып, оны қайтадан ысытуға отын көп кетеді және бұл барабандағы жарылысқа әкелуі мүмкін, немесе айдау үшін көбірек энергия жұмсала береді, осындай жағдайлар жұмыстың ұзақтығын қысқартады.Осының салдарынан құрылғылар жөндеу жұмыстарын талап етеді, бұл экономикалық жағынан өте тиімсіз.

Жіңішке сызықпен ұсынылған принцип көрсетілген. Реттеуіштің сорғымен тұрақты комбинациялы жұмысы кезінде біз бу мен судың ең жоғары деңгейін азайтамыз. (-5мм; +5мм). Бұл жағдайда су мен будың деңгейін үнемі реттегіш қадағалайды, яғни осының бәрін автоматтандыруға болады, және реттегіш екі жақтың максималды деңгейіне жеткенге дейін 2-3минутта сорғыға сигнал береді. Осылайша, біз сорғының жиі бұзылуларын алдын аламыз 15 минут сайын су соруға мәжбүр болмайды. Отынды көп мөлшерде үнемдей аламыз, себебі судың температурасы бірқалыпты болады.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Рыжкин, В. Я.** Тепловые электрические станции : Учебник для вузов / Под ред. В. Я. Гиршфельда. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.

2 **Бузников, Е. Ф., Роддатис, К. Ф., Берзиньш, Э. Я.** Производственные и отопительные котельные. – 2-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 248 с.

3 **Сопов, С.** Автоматизация парового котла ДКВР 20 – 13 2005. – Пермь, Пермский государственный технический университет.

4 **Зыков, А. К.** Паровые и водогрейные котлы. – Риполь классик, 1987 – 128 с.

5 **Бекмұратов, А.** Жылу электр станциясының жану камерасындағы көмірдің жануын компьютерлік модельдеу. – Алматы : Қазақ университеті, – 2014. – 124 б.

6 **Аметистова, Е. В.** Основы современной энергетики. – М. : Издательство МЭИ, 2004. – 213 с.

7 **Моргунов, К. П.** Насосы и насосные станции : Учебное пособие для вузов. Специальная литература. – Издательство: Лань, 2019. – 308 с.

8 **Ривкин, С. Л., Александров, А. А.,** Теплофизические свойства воды и водяного пара. Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.

References

1 **Ryjkın, V. Ia.** Teplovye elektrıcheskıe stantsıı : Ýchebnık dlıa výzov [Thermal power plants : Textbook for universities]. Ed. V. Ya. Hirschfeld. – Moscow : Energoatomizdat, 1987. – 328 p.

2 **Buznıkov, E. F., Roddatıs, K. F., Berzınsh, E. Ia.** Proızvodstvennye ı otopıtelnye kotelnye, [Industrial and heating boiler houses]. – 2nd ed., revised. – Moscow : Energoatomizdat, 1984. – 248 p.

3 **Sopov, S.** Avtomatızatsııa parovogo kotla DKVR 20 – 13 2005» [Automation of a steam boiler DKVR 20 – 13 2005]. Perm, Perm State Technical University.

4 **Zykov, A. K.** Parovye ı vodogreınye kotly [Steam and hot water boilers]. – Ripol classic, 1987. 128 p.

5 **Bekmuratov, A.** Jylý elektr stantsıasynyń janý kamerasyndaǵy kómirdiń janýyn kompıýterlik modeldeý. [Zhylu elektr stansionsynyk zhanu kamerasyndagy kumirdin zhanuyn computer modeldeu]. – Almaty : Kazakh university, 2014. – 124 p.

6 **Ametistova, E. V.** Osnovy sovremennoı energetıkı. [Fundamentals of modern energy]. – Moscow : Publishing house MEI, 2004. – 213 p.

7 **Morgunov, K. P.** Nasosy ı nasosnye stantsıı : Ýchebnoe posobıe dlıa výzov. Spetsıalnaıa lıteratýra [Pumps and pumping stations : Textbook for universities. Special literature. – Publisher : Lan, 2019. – 308 p.

8 **Rivkin, S. L., Aleksandrov, A. A.** Teplofızıcheskıe svoıstva vody ı vodıanogo para. Spravochnık. [Thermophysical properties of water and steam. Directory]. – 2nd ed., Rev. and add. – M. : Energoatomizdat, 1984. – 80 p.

Материал 30.09.20 баспаға түсті.

А. Д. Муханбетова, Б. Т. Бахтияр, Г. Ә. Әкімбек, Д. О. Искаков

Применение системы измерения уровня в барабане Е-2,5-0,9 ГМ и замена насосов

Алматинский университет энергетики и связи
имени Гумарбека Даукеева,
Республика Казахстан, г. Алматы.
Материал поступил в редакцию 30.09.20.

A. D. Mukhanbetova, B. T. Bakhtiyar, G. A. Akimbek, D. O. Iskakov

Application of the E-2.5-0.9 GM drum level measurement system and replacement of pumps

Almaty University of Power Engineering
and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 30.09.20.

Ставя в статье задачу экономии топлива и питательной воды, Е-2,5-0,9 ГМ применение системы измерения уровня в барабане и ее автоматизация путем установки специального регулятора давления уровня воды в барабане с заменой существующих типов насосов на насосы более эффективных марок.

Ключевые слова: котел, барабан, пар, вода, уровень, регулятор.

The article deals with the issues of fuel and feed water economy using the E-2.5-0.9 GM drum level measurement system and water level control in the drum with the replacement of modern types of pumps with more profitable branded pumps and the installation of a special pressure regulator in the drum.

Keywords: boiler, drum, steam, water, level, regulator.

МРНТИ 49.29.14

https://doi.org/10.48081/PZRA9063

Г. И. Мухамедрахимова, К. У. Мухамедрахимов, А. С. Толегенова, Л. А. Соболева
Евразийский Национальный Университет имени Л. Н. Гумилева
Республика Казахстан, г. Нур-Султан
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ GPON НА ПРИМЕРЕ НОВЫХ ФОРМИРУЮЩИХСЯ РАЙОНАХ КАЗАХСТАНА

В статье рассмотрены основные пути организации сети GPON на примере новых формирующихся районах Казахстана. Дан детальный анализ развития широкополосного доступа оптической сети GPON, рассмотрены: характерные черты технологии пассивной оптической сети для новых формирующихся районов Казахстана.

Ключевые слова: гигабитная пассивная оптическая сеть, оптические кабели, компоненты оптических сетей и систем.

Введение

На основе обзора перспектив развития GigabitPassiveOpticalNetwork (GPON)в Казахстане, сделан анализ характеристик технологии GPON и Изучена конструкция пассивной оптической сети PON для проектирования магистрального участка на примере высотных домостроений. Рассмотрены примерные расчеты основных характеристик.

В мировой практике наименование TriplePlay приобрело достаточно значимый уровень в предоставлении ключевых инфокоммуникационных услуг (интернет, телефонию и телевидение) для многих крупнейших операторов связи. Исследования показали, чтопредоставление услуг TriplePlay и HDTV, пропускная способностьканалов должны составлять не менее 20 Мбит/с. Технологии достаточно высокоскоростного доступа xDSL и Ethernet, предоставляющие такую скорость передачи информации, используют медные кабели на небольшие расстояния.

Согласно анализа исследовании специалистов, для предоставления услуг TriplePlay (в том числе HDTV) каналы вплоть до абонентов обязаны

обладать пропускной способностью примерно до 20 Мбит/с. Известные технологические процессы высокоскоростного доступа xDSL и Ethernet способны предоставлять такую скорость передачи информации, но только по медным кабелям, и совсем не на большие расстояния. Так как одной из наиболее популярной и пользующейся технологией в мире считается технология пассивной оптической сети – сети PON, то данная технология предназначена для оптической распределительной сети доступа и главным вариантом PON на сегодня считается технология гигабитной пассивной оптической сети GPON.

Материалы и методы:

Результаты исследования показали, что в настоящее время рассматривать прокладку оптической сети в новых районах или реконструкцию старых районов становится весьма актуально, так как оптические сети обладают рядом серьезных превосходств перед сетями, выстроенными на основе обыкновенного коаксиального или медного кабеля. Они обеспечивают высокие скорости передачи информации на огромные дистанции и при этом совершенно нечувствительны к перекрестным наводкам и электромагнитным помехам.

Результаты и обсуждение:

Выбор построения в новых формирующихся районах Казахстана гигабитной пассивной оптической сети PON, значительно снизит расходы на дальнейшую эксплуатацию и установку оборудования. Сопряжено это с тем, что в самой технологии применяются в основном пассивные элементы, не нуждающиеся в отдельном питании, однако при этом отвечающие самым последним условиям к сетям передачи информации. На сегодняшний день все больше продвигаются услуги, технологически требующие наиболее высокой скорости передачи информации.

Ни для кого не секрет, что сеть PON в любом новом районе городасможет обеспечить качественную телефонную связь с огромной возможностью подключения современного IP-телефона с расширенным комплектом функций, с безграничным числом номеров по одной линии и предоставлением возможности сохранять номер при переезде. PON непосредственно открывает возможность организовывать видеонаблюдение в режиме настоящего времени, что тоже очень актуально в сегодня.

Поэтому, особого внимания требуют проблемы построения в любом новом строящемся микрорайоне новой сети с вводом услуг TriplePlay, которая состоит в том, что в некоторых крупных городахКазахстаназачастую нет возможности массово предоставлять одновременно несколько услуг абонентам нового района посредством xDSL. Тогда данный функционалвозможно реализовать на базе технологии GPON, причем

прокладка оптоволоконной линии можнопроводить до квартир, что является отличным показателем его хорошего качества.

Применив GPON-технологии в новых формирующихся районах Казахстана и имея возможность реконструировать старые районы, наша страна с уверенностью может применять новые технологий, развивать их, давая возможность жителям оценить необходимость перехода к технологиям пассивной оптической сети. Проект базируется на своде процедур и инструкций, включаюших в себя методики разных стран, введение которых разрешит добиться нового уровня реализации технологии GPON в Казахстане.

Практической значимостьюобсуждаемого вопросаявляется возможность построения GPON в совершенно новых районах города, а также возможность реконструировать и старые районы городов Казахстана. Рассмотрены возможные способы и методы прокладки оптического волокна до квартир. Построение сети GPONдаст возможность получить доступ к современным высококачественным телекоммуникационным услугам на основе широкополосного доступа.

Нами обсуждается имитационная модель прокладки GPON в новых формирующихся районах Казахстана, а полученные результаты анализа дадут возможность проводить оценки главных показателей качества и обслуживания всех видов предоставляемых услуг. Результаты исследованиябудутпродолжены в дальнейшихисследованиях по реконструкции и внедрении новых оптических сетей GPON.

Выводы:научной новизной исследования являются вопросы построения GPON на примере новых строящихся районах Казахстана строящемся районе,разработки принципов и подходов для реконструирования старых районовс примененеием технологий пассивной оптической сети. Анализ и разрабатываемая имитационная модель базируется на своде процедур и инструкций, включивших в себя методики разных стран, введение которых разрешит добиться нового уровня реализации технологии GPON в Казахстане.

Анализ развития технологии технология GigabitPassiveOpticalNetwork (GPON) в Казахстане показал, что одним пунктом из долгосрочных перспектив развития новых технологий целесообразно рассматривать широкополосный доступ (ШПД), который стоит на пороге полного перехода от кабелей, содержащих медную жилу к совершенно новым оптическим кабелям, которые дают возможность поддерживать высочайшие скорости для формирования современных услуг. Можно утверждать, в нашей стране ожидается – со временем на сменутакой популярной технологии как ADSL2+придет технология GPON.Благодаря

технологии GPON в стране может улучшиться цифровое неравенство между городами и селами.

Основными достоинствами гигабитной пассивной оптической сети являются рекордные скорости доступа к сети интернет до одного гигабита в секунду, а расстояние оптоволоконного кабеля может достигать двадцати километров, и это не предел, так как уже сегодня ведутся разработки по улучшению этих показателей до шестидесяти километров. Технология GPON базируется на эталонной модели G.984.4, над которой ведутся постоянные работы по усовершенствованию интерфейсов в системе PON.

Основными достоинствами технологии GPON можно выделить: высокую скорость передачи информации и незначительное энергопотребление. У технологии GPON присутствуют и недостатки некоторых характеристик технологии GPON.

На сегодняшний день технология GPON в Казахстане находится на начальном рубеже развития. Отечественные компании активно работают, над освоением технологии и уже сегодня применение технологии GPON позволило компании Казахтелеком повысить присутствие широкополосного интернета и ввести огромный ассортимент новейших высокоскоростных услуг TriplePlay (три в одном) в стране.Необходимо также учесть, что сегодня в строящихся районах городоввозможно отказаться от устаревших медных кабелей, и прибегнуть к использованию уже новых технологии пассивных оптических сетей, так как технология GPON полностью отвечает всем требованиям высокоскоростного доступа к сети интернет, выстроенным на сегодняшний день, а также имеет огромный потенциалом для развития новых технологий связи в будущем. Анализ показал, что уже завершены монтажные работы и приняты вэксплуатацию в некоторых городах страны технологии GPON, рассчитанные на 170962 абонентских портов [1]. Данные статистикистраны показывают, что из каждых ста казахстанцев доступ к высокоскоростному интернету могут получатьпятнадцать.

Рассматривая ситуационный план в мире можно отметить, что самым известным способом подключения к широкополосному доступу в мире считается xDSL технология, на долю этой технологии приходиться 63 % подключений, на FTTx технологию 16 % и около 4 % подключений к широкополосному доступу в мире удалось реализовать благодаря технологии DOCSIS. Необходимо отметить, что операторы во многих странах мира продолжают эксплуатировать медные сети доступа с технологией ADSL.

Количество подключений технологии GPON в мире по состоянию на первый квартал 2017 года составлял 17.6 млн. ОАЭ – единственную страну с большим потенциалом использования технологии GPON на 56 %, Япония – с показателями 26 % и Южная Корея с 16 %, Россия содержит примерно

0,5 %. По мнению ведущих экспертов мира, одним из цивилизованных по степени проникновения технологии GPON считается рынок Швеции – 45 [2].

Исследования показали [3, 4], что Казахстан в данный момент находится на первоначальных стадиях внедрения технологии GPON и по сценарию внедрение и развитие новых технологий принесет огромную пользу для развития страны в целом.

Анализ потенциала и возможностей сетей PON в Казахстане. оптическое волокно как уникальная среда, обладающая фактически не имеющей ограничений пропускной способностью, может предоставить высокоскоростную полосу пропускания для широкополосного доступа в интернет абонентам АО «Казахтелеком», что даст возможность создать дополнительный стимул для развития отечественного контента в сети интернет, позволит развивать новые интерактивные сервисы, фактически без ограничений, такие как интернет, шопинг, видеонаблюдение в режиме реального времени и приступать к реализации умного города. Множественное увеличение скорости услуг широкополосного доступа в Казахстане даст возможность перейти на совершенно новый этап предоставления услуг и позволит предоставлять абонентам, государственным структурам огромное множество инновационных сервисов, изменяющих существующие понятие о стиле жизни в обществе.

Сегодня уже всем известно, что оптоволоконные сети находят свое применение для передачи данных, в основе которых используется два волокна, одно непосредственно для передачи, а второе – для приема, и подходят они для организации только двухточечных соединений [5].

Проводя небольшое сравнение волокна с проводным Ethernet, который в своей основе содержит четыре, а то и восемь витых медных пар, достигая диаметром до полмиллиметра каждый. С уверенностью можно сказать, что волокно по своим качествам значительно превосходит медные провода, и действительно эта технология содержит в себе грань новых будущих технологий способных повлиять на качество сети. Поэтому сейчас в стране планируется масштабно развивать услуги широкополосного доступа [6] и АО «Казахтелеком» высоко оценивает потенциал использования оптоволоконного кабеля.

В качестве примера можно взять, прописанные в проекте строительства нового района, конструкцию многоэтажных домов, где жилые комплексы не будут сильно отличаться друг от друга строением, только внешним дизайном, поэтому без каких либо сомнений, для примера нами был исследован один жилой комплекс из нескольких жилых домов для построения сети GPON.

Основная прокладка кабеля магистрального участка должны проводиться уже в существующей кабельной канализации города, и для организации

GPON в таком жилом комплексе нового района в квадрате десяти, двадцати домов, потребуется установить два оптических неподвижных терминала OLT LTP-8X. В качестве оборудования предлагается установить несколько оптических модулей SFP, выгодно проложить в новый район, в кабельной канализации по два, восемь волоконных оптических кабелей с одномодовым волокном и сглаживаемой дисперсией, со скоростью передачи данных 2.5 Гбит/сек. В дальнейшем в новом районе каждый из волокон можно будет распределять до оптической распределительной коробки внутри каждого жилого дома, на которые, в своюочередь, можно устанавливать распределители с определенным коэффициентом.

Вся конструкция пассивной оптической сети GPON традиционно может складываться в основном из трех главных участков: Первый участок – станционный, на котором можно выделить оборудование OLT, оптический кросс с высокой плотностью. Второй участок – линейный, на котором можно выделить волоконно-оптический кабель, муфты, шкафы, распределительные коробки, разветвители, все перечисленные компоненты находятся между станционными и абонентскими участками. Третий участок, это абонентский, то есть, это индивидуальное пользовательское распределение одно-волоконных оптических кабелей от компонентов, которые распределяют устройства непосредственно до оптических розеток и пользовательского оборудования ONT внутри квартиры [7].

Конструкцию пассивной оптической сети можно охарактеризовать следующим образом. Первый участок является станционным, т.е. все активное оборудование, предназначенное для первого участка, должно быть расположено в центральных сетевых узлах или непосредственно в помещении АТС, которая обычно находится в районе обслуживания и устанавливает зону масштаба сетей GPON.

Также отметим, что благодаря оборудованию OLT возможно связать оконечное оборудование всех пользователей с сетью, и тем самым предоставлять услуги TriplePlay для пользователей [3]. Линейный порт OLT оборудования может подключаться к оптическим кроссам с высокой плотностью ODF, с использованием оптических шнуров в виде патчкорда или мультипатчкорда, при этом длина каждого оптического шнура должен рассчитываться строго от протяженности всей трассы от нуля точки ODF до нуля точки OLT плюс ко всему этому распределяется запас [8]. Следует отметить, что запас по ODF равняется пяти метрам, а по OLT от нуля точек согласно рекомендациям самой компаний производителей.

Выводы

Особенности построения сети GPONбазируется на своде процедур и инструкций, включающих в себя методики разных стран, введение опыта

которых разрешит добиться нового уровня в реализации технологии GPON.

Непременно работая над разработкой, которые посвящены реконструкции и проектированию сети GPON в районах нашей страны, нами предполагается в несколько этапов приблизиться к созданию и расширению умных городов в стране, которые непременно будут объединены в городские кластеры.

Для этого выбор оборудования традиционный, которые могут быть использованы для организации всей системы. Также стоит отметить, что из-за архитектуры будущих домов, а также из дизайнерских соображений, при разработке предлагаются несколько вариантов разного оборудования:

Среди основных элементов пассивной оптической сети, можно выделить такие компоненты как, оптические кабели, при строительстве сети GPON, нам потребуются кабели, магистральные, распределительные и абонентские. Стоит отметить, что среди требуемых компонентов для организации сети, также являются разные оптические соединители, разветвители или как еще их называют сплиттеры, кроме того, муфты для сетей PON считаются одним из связующих компонентов сети, без которого нельзя обойтись.Под таким обозначением также, можно назвать оптические кроссы ODF OLT, распределительные шкафы и коробки ОРШ, ОКР. Абонентские розетки и аттенюаторы и мультиплексоры WDM, также являются связующим звеном всей системы. Все компоненты, представлены в проекте, на основе которых строиться сеть. В результате чего были исследованы и представлены основные параметры главных элементов сети, в которых были выделены основные компоненты, требуемые при проектировании GPON на примере новых формирующихся районах Казахстана. В дальнейших исследованиях будет обсуждаться каждый выбранный компонент сети с соответствующими им параметрами, которыепоказывают эффективность использования результатовданного исследования.

Список использованных источников

1 Указ президента РК от 8 января 2013 г. – № 464.

2 Технология GPON. Развитие за рубежом. [Электронный ресурс]. – http://www.web.jpon.ru.

3 Правила построения, строительства, приемки и эксплуатации линейных сооружений пассивных оптических сетей. Стандарт. – АО «Казактелеком», 2012. – С. 8–10.

4 Стандарт ITU – T. [Электронный ресурс]. – http://www.itu.int.ru.

5 **Петренко, И. И., Убайдуллаев, Р. Р.** Пассивные оптические сети PON. – 2008. – С. 1–5.

6 Комплексное решение для построения телекоммуникационных сетей. Широкополосный доступ. [Электронный ресурс]. – www.eltexalatav.kz.

7 **Нетес, В. А.** Основы теории надежности [Электронный ресурс]: учебное пособие / Нетес В. А. – Электрон. текстовые данные. – М. : Московский технический университет связи и информатики, 2014. – 73 с. – Библиогр. : С. 14–18. – ISSN 2227-8397.

8 Руководящий документ единой сети телекоммуникаций РК. Общее положение и концептуальные основы развития ЕСТ РК. – 2004. – С. 11–19.

9 **Васильев, А. В., Соловьев, С. П., Кучерявый, А. Е.** Системно-сетевые решения по внедрению технологии NGN на российских сетях связи // Электросвязь. – 2009. – № 3. – 200 с.

10 **Белкин, М. Е.** Компоненты волоконно-оптических систем. – 2005. – 245 с.

References

1 QR Prezıdentiniń 2013 jylǵy 8 qańtardaǵy № 464 Jarlyǵy [Decree of the President of the Republic of Kazakhstan] [Text] No. 464 dated January 8, 2013.

2 GPON tehnologıasy. Shetelde damytý. [GPON Technology. Development abroad] [Text]. [Electronic resource]. – http://www.web.jpon.ru.

3 Pasıvti optıkalyq jelilerdiń jelilik qurylystaryn salý, salý, qabyldaý jáne paıdalaný erejeleri. Standart. [Rules for construction, construction, acceptance and operation of linear structures of passive optical networks] [Text]. – «Qazaqtelekom» AQ 2012. – P. 8–10.

4 Itu standarty-T. [ITU – t standard] [Text] [Electronic resource]. – http://www.itu.int.ru.

5 **Petrenko, I. I., Ubaıdullaev, R. R.** Pon pasıvti optıkalyq jelileri [Passive optical networks PON] [Text]. – 2008. – 1–5 bastap.

6 Telekomýnıkasıalyq jelilerdi qurý úshin keshendi sheshim. Keńjolaqty qatynaý [A complete solution for the design of telecommunication networks] [Text]. Broadband access. [Electronic resource]. – www.eltexalatav.kz.

7 **Netes, V. A.** Senimdilik teorıasynyń negizderi : oqý quraly [Fundamentals of reliability theory] [Electronic resource] : textbook] Netes V. A. – Electron. text data. – Moscow : Moscow Technical University of Communications and Informatics – 2014. – 73 p. – Bıblıogr. : P. 14–18. – ISSN 2227-8397.

8 QR Biryńǵaı telekomýnıkasıa jelisiniń basqarýshy qujaty. Jalpy ereje jáne QR BTJ damytýdyń tujyrymdamalyq negizderi [Guidance document of the unified telecommunications network of the Republic of Kazakhstan. General position and conceptual framework for the development of ETS RK] [Text]. – 2004. – P. 11–19.

9 **Vasiliev, A. V., Solovyov, S. P., Kucheryavy, A. E.** Reseılik baılanys jelilerinde NGN tehnologıasyn engizý boıynsha júıelik-jelilik sheshimder. [System-network solutions for implementing NGN technology on Russian communication networks] [Text] // Elektrobaılanys. – 2009. – № 3. – 200 b.

10 **Belkın, M. E.** Talshyqty-optıkalyq júıelerdiń komponentteri [Components of fiber-optic systems] [Text]. – 2005. – 245 p.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Г. И. Мухамедрахимова[1], К. У. Мухамедрахимов[2], А. С. Толегенова[3], Л. А. Соболева[4]

Қазақстанның жаңа салынып жатқан аудандарының мысалында GPON желісін құрудың кейбір ерекшеліктері

[1]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Султан қ.;
[2,3,4]С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Султан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

G. I. Mukhamedrakhimova[1], K. U. Mukhamedrahimov[2], A. S. Tolegenova[3], L. A. Soboleva[4]

Some features of constructing a GPON network on the example of new forming areas of Kazakhstan

[1]L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[2,3,4]S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 30.09.20.

Мақалада, Қазақстанның жаңа салынып жатқан аудандарының мысалында, GPON желісін ұйымдастырудың негізгі жолдары қарастырылады. GPON оптикалық желісіне кеңжолақты қатынауды дамытудың егжей-тегжейлі талдауы келтірілген: Қазақстанның жаңа дамып келе жатқан аймақтарына арналған пассивті оптикалық желі технологиясының сипаттамалары.

Кілтті сөздер: гигабиттік пассивті оптикалық желі, оптикалық кабельдер, оптикалық желілер мен жүйелердің компоненттері.

The article discusses the main ways of organizing a GPON network using the example of new emerging regions of Kazakhstan. A detailed analysis of the development of broadband access of the GPON optical network is given, the following are considered: characteristic features of the passive optical network technology for new emerging regions of Kazakhstan.

Keywords: Gigabit Passive Optical Network, optical cable, components of optical networks and systems.

ҒТАМР 44.09.03

https://doi.org/10.48081/WLWR8813

Р. М. Мустафина[1], Е. Ж. Сарсикеев[2], Г. О. Оразова[3]
[1,3]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;
[2]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

ҚАЗАҚСТАН ӨҢІРЛЕРІНІҢ 2018 ЖЫЛДАҒЫ ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІНІҢ ЖАҒДАЙЫ

Энергетикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету және қолдау мемлекеттің стратегиялық міндеті. Энергетика саласы ел экономикасының тұрақты және орнықты дамуын қамтамасыз ететін басты салаларының бірі болып табылады. Республиканың және өңірлерідің электр энергетикалық қауіпсіздік жағдайының тұрақты мониторингі осы энергетикалық қауіпсіздік блогының жағдайына сапалы талдау жүргізуге мүмкіндік береді. Электр энергетикалық қауіпсіздік жағдайы салыстырмалы талдауы энергетикалық қауіпсіздік жағдайын бағалау өлшемшарттарының шекті мәндерін пайдалана отырып, индикативтік талдау әдісін қолдануымен жүргізілді. Талдау кезінде ҚР Ұлттық экономика министрлігі статистика комитетінің 2006 және 2018 жылдардағы ресми статистикалық деректері пайдаланылды. Зерттеу нәтижесінде Қазақстанның тек қана үш облысында электр энергиясымен қамтамасыз ету блогы бойынша және жалпы ҚР-да энергетикалық қауіпсіздіктің қалыпты деңгейі бар екендігі анықталды. Осы жылдар мерзімінде Қызылорда және Солтүстік Қазақстан облыстарындағы көрсеткіштер қалыпқа келтірілді. Бірақ та, энергетикалық қауіпсіздікті электр энергиясымен қамтамасыз ету блогының критерийлері келесі облыстарда нашарлады: Алматы, Шығыс Қазақстан, Қарағанды. Оңтүстік өңірдегі электр энергетикалық қауіпсіздіктің дағдарысты жағдайы өзгерген жоқ. Елдегі ЖІӨ-нің энергия сыйымдылығы орташа әлемдік көрсеткішпен салыстырғанда жоғарырақ. Энергетикалық қауіпсіздікті арттырудың неғұрлым экономикалық тиімді тәсілі энергия үнемдеуші ұйымдастырушылық және техникалық-экономикалық іс-шараларды кеңінен енгізу болып табылады.

Кілтті сөздер: энергетикалық қауіпсіздік, электр энергиясымен қамтамасыз ету блогы, өлшемдер, өлшемдердің шекті деңгейлері, энергетикалық қауіпсіздік жағдайы.

Кіріспе

Республиканың экономикалық және ұлттық қауіпсіздігінің маңызды құрамдас бөлігі ретінде энергетикалық қауіпсіздікті (ЭнҚ) қамтамасыз ету мәселелері өткен ғасырдың 90-жылдарының басында елдегі саяси және экономикалық дағдарыстар аясында, сондай-ақ нарықтық экономикаға көшуімізге байланысты өзекті болды.

Алғашқы рет энергетикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету мәселелері өткен ғасырдың 70-ші жылдарының басында АҚШ-та Таяу Шығыс елдерінен энергия жеткізу проблемаларының туындау салдарынан көтерілді. Сол кездегі АҚШ үкіметі жасаған экономикалық және ұйымдастырушылық бағыттағы тұрақтандыру шаралары, осындай туындаған жағдайдан шығудың жолын таба білді. Бұл энергетикалық дағдарыс көптеген батыс елдерінде энергетиканы құрудың индустриялық моделінен энергетиканы ұйымдастырудың жаңа, бәсекеге қабілетті моделіне көшудің негізі қаланды. Бұрынғы модель бойынша энергиямен жабдықтаушы компаниялар тұтынушыларды энергиямен жабдықтауда монополиялық құқықтарға ие болды, сонымен қатар компаниялар энергиямен жабдықтаудың сенімділігі мен тұрақтылығы үшін жауап берді.

Энергетиканың бәсекеге қабілеттілік моделі тәуелсіз энергия өндірушілердің болуымен сипатталады. Бұл жағдай ТМД-ның көптеген елдерінің, соның ішінде Қазақстанның энергетика саласындағы қазіргі жағдайына тән.

Республиканың электр энергетикасы жүйесін реформалау 1995 жылы электр энергетика кәсіпорындарын қайта құрылымдау мен жекешелендіру мемлекеттік бағдарламасын іске асыру барысында басталды. Жүргізілген жұмыс нәтижесінде ҚР электр энергетика нарығы электр энергиясын өндіру объектілерінен, электр энергиясын тасымалдау желілерінің магистральдық жүйесінен, оны бөлу жөніндегі өңірлік желілерден тұрады. 2001 жылғы маусым айына қарай электр энергиясының көтерме сауда нарығы ұйымдық және заңдық тұрғыда қалыптастырылды, онда Қазақстанның электр энергетикасының 100-ге жуық субъектісі электр энергиясын сатып алуды-сатуды және тасымалдауды жүзеге асырады.

Энергетика саласындағы нарықтық қатынастар энергетика объектілердің тиімділігін ынталандыратын бәсекелестік үшін негіз болып келеді. Бірақ та, бәсекелестік факторы электрмен жабдықтаудың сенімділігіне теріс әсер етеді, нәтижесінде энергетикалық қауіпсіздік көрсеткіштері төмендейді.

ЭнҚ жағдайын тұрақты мониторингі, туындайтын қатерлерді жою бойынша ұйымдастырушылық, техникалық-экономикалық шараларды уақтылы қабылдауға мүмкіндік береді, бұл экономиканың бірқалыпты дамуын қамтамасыз етеді. Мақалада 2006 және 2018 жылдар аралығындағы электр энергиясымен қамтамасыз ету блогы бойынша энергетикалық қауіпсіздікті зерттеу нәтижелері келтірілген.

Зерттеу нысаны: электр энергиясымен қамтамасыз ету блогы бойынша Қазақстан өңірлерінің энергетикалық қауіпсіздігінің жағдайы.

Зерттеудің пәні: электр энергиясымен қамтамасыз ету блогының ЭнҚ индикаторлары.

Зерттеу мақсаты: 2006 жылы жүргізілген зерттеулер деректерімен салыстырғанда 2018 жылда ел өңірлерінің электр энергетикалық қауіпсіздік жағдайын анықтау [1].

Зерттеу міндеттері: ЭнҚ белгіленген критерийлеріне электр энергиясымен қамтамасыз ету блогы бойынша облыстардың ЭнҚ жағдайының сәйкестігін анықтау.

Зерттеудің әдістері мен нәтижесі

Энергетикалық қауіпсіздік деңгейлерін талдау және бағалау энергетикалық жүйеге жататын ірі әлеуметтік-техникалық-экономикалық жүйелердің жұмыс істеу міндеттерін шешуге мүмкіндік беретін индикативтік талдау әдісін қолдану арқылы жүргізілді. Бұл жүйелер түрлі қасиеттерімен, параметрлерімен, ішкі және сыртқы байланыстардың күрделілігімен, мемлекеттер мен даму жағдайларының белгісіздігімен сипатталады [2]. Қазіргі кезеңдегі энергетикалық жүйелердің жағдайын, ретроспективті кезеңдегі жүйелердің жағдайының өзгеру серпінін, болжамды уақытқа күтілетін дамуды критериалды типтегі көрсеткіштер-индикаторлар бойынша анықтауға болады. ЭнҚ деңгейін тұтастай және белгілі бір көрсеткіш бойынша жеке бағалау индикаторлардың мәндерін шекті (шекаралық) деңгейлердің индикаторларымен салыстыру кезінде жүргізіледі. Индикаторлардың шекаралық немесе шекті мәндері қалыпты, дағдарысқа дейінгі және дағдарыстық болып бөлінетін энергия жүйелерінің жағдайын сапалы ажырату үшін қажет [2]. Электр энергиясымен қамтамасыз ету блогы бойынша келесі индикаторлар есептелген: № 1 – электр энергиясын жан басына шаққандағы тұтынудың өзгеруі (ЭЭ), № 2 – елге қатысты ЭЭ теңгеріміндегі меншікті көздер үлесінің өзгеруі (МКҮЭЭ), № 3 – елге қатысты ЭЭТ өндірудегі өңір үлесінің өзгеруі (ЭЭӨ), № 4 – елге қатысты ЭЭ тұтынудағы облыс үлесінің өзгеруі (ЭЭТ).

1-кестеде келесі белгілер қабылданған: Қ – ЭнҚ жай – күйінің қалыпты жағдайы, ДЖ – ЭнҚ жағдайының дағдарысқа дейінгі жағдайы; бұл ретте дағдарыстық жағдай неғұрлым тиімді саралау үшін мынадай төрт жағдайға

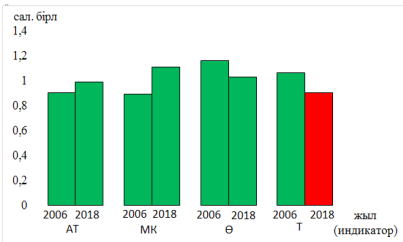
бөлінген, ол: ДТ – ЭнҚ жағдайдың дағдарысты тұрақсыз жағдайы, ДҚ – ЭнҚ жағдайының дағдарысты қауіп төндіретін жағдайы, ДД – ЭнҚ жағдайының дағдарысты дағдарыстық жағдайы, ДТ – ЭнҚ жағдайының дағдарысты төтенше жағдайы [2].

Кесте 1 – Энергетикалық қауіпсіздік жағдайының шектік деңгейлері

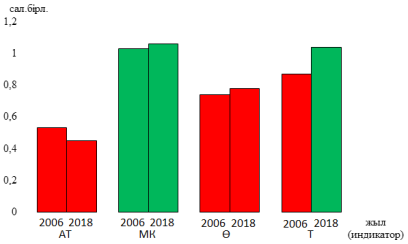
Индикатордың аталуы	Шекті деңгей					
	Қ	ДЖ	ДТ	ДҚ	ДД	ДТ
ЭЭ адам басына шаққандағы тұтынуының өзгеруі	0,71	0,7	0,6	0,55	0,45	0,4
МКҮЭЭ үлестері	0,71	0,7	0,6	0,55	0,45	0,4
Аумақтағы ЭЭӨ-дегі өзгеріс үлесі	0,97	0,96	0,92	0,9	0,86	0,8
Аумақтағы ЭЭТ-дегі өзгеріс үлесі	0,97	0,96	0,92	0,9	0,86	0,8

Жоғарыда аталған индикаторларды есептеу ҚР Ұлттық экономика Министрлігінің статистика комитеті [3], [4] жариялаған статистикалық деректерді пайдалану кезінде [1] бабында баяндалған әдістеме бойынша жүргізілді.

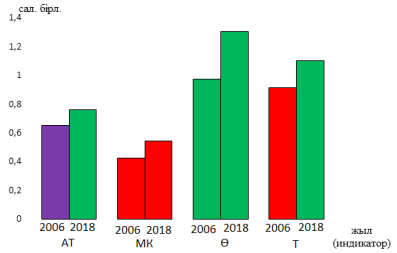
Жүргізілген есептеу нәтижелері елдегі өңірлердегі (облыстардағы) бөлігінде, диаграммалар кейіпінде келтірілген (1–4 – суреттер). Суреттерде келтірілген, жасыл – индикатордың қалыпты жағдайына сәйкес келеді, қызыл – дағдарыстық, күлгін – дағдарысқа дейінгі қалыптарға сай келеді.



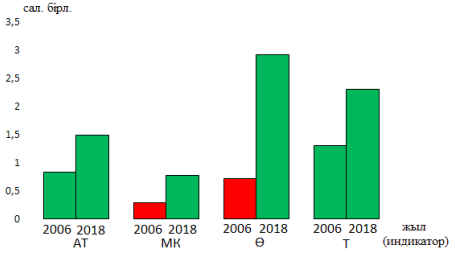
Сурет 1 – ШҚО бойынша ЭнҚ жағдайы



Сурет 2 – Манғыстау облысы бойынша ЭнҚ жағдайы



Сурет 3 – Ақмола облысы бойынша ЭнҚ жағдайы



Сурет 4 – Қызылорда облысы бойынша ЭнҚ жағдайы

Нәтижелер мен талқылау. 2006 және 2018 жылдары ЭЭ қамтамасыз ету блогы бойынша ЭнҚ деңгейін салыстырмалы талдауы 2-кестеде келтірілген.

2-кестенің соңғы бағанасында келтірілген қорытындылар, келесі ережелер негізінде жасалынды [2]:

– дағдарыстық жағдай тұтастай алғанда индикаторлардың бірі дағдарыс деңгейіне шыққан жағдайда қалыптасады, бұл ретте басқа индикаторлар қалыпты аймақта болуы мүмкін;

– дағдарыстық жағдай тұтастай алғанда екі индикаторлардың дағдарыс алдындағы деңгейге шыққан жағдайда қалыптасады (басқа индикаторлар қалыпты аймақта);

– дағдарыс алдындағы жағдай тұтастай алғанда индикаторлардың бірі дағдарыс алдындағы деңгейге шыққан жағдайда қалыптасады, бұл ретте басқа индикаторлар қалыпты аймақта болуы мүмкін;

– неғұрлым терең дағдарыстық жағдай тұтастай алғанда бірнеше индикатор шекті деңгейден тыс шыққан жағдайда қалыптасады.

Кесте 2 – ЭнҚ деңгейін салыстырмалы талдауы

Аумақ/Индикаторлар	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	Қорытынды
	2006/2018	2006/2018	2006/2018	2006/2018	2006/2018
Казахстан	Қ/Қ	Қ/Қ	-	-	Қ/Қ
Ақмола	ДЖ/Қ	ДТ/ДҚ	Қ/Қ	ДҚ/ Қ	ДД/ДЖ
Алматы	Қ/ ДД	ДТ/ Қ	Қ/Қ	Қ/ДД	ДЖ/ДД
Ақтөбе	Қ/Қ	ДҚ/ДЖ	Қ/Қ	Қ/Қ	ДТ/ДЖ
Атырау	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ
ШҚО	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/ДҚ	Қ/ДЖ
Жамбыл	ДТ/ДТ	ДТ/ДЖ	ДТ/ДТ	ДТ/ДТ	ДТ/ДТ
БҚО	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ
Қарағанды	Қ/Қ	Қ/Қ	Н/КУ	Н/КЧ	Н/КК
Қостанай	Қ/ДТ	ДТ/ДТ	Қ/Қ	ДТ/ДТ	ДТ/ДД

Қызылорда	Қ/Қ	КЧ/ Н	ДТ/Қ	Қ/Қ	КК/Н
Маңғыстау	ДК/ДД	Қ/Қ	ДТ/ДТ	ДК/ Қ	КК/КК
Павлодар	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ	Қ/Қ
СҚО	ДЖ/Қ	Қ/Қ	ДК/ Қ	ДТ/ Қ	ДД/Қ
Шымкент, Түркістан	ДТ/ДД	ДТ/ДТ	ДД/ДТ	ДТ/ДД	ДТ/ДТ

Қызылорда және Солтүстік Қазақстан облыстарында ЭнҚ электр энергиясымен қамтамасыз ету блогы бойынша ахуал едәуір жақсарды, бұл ретте 2006 жылы екі облыста ЭнҚ (ДД) жағдайы дағдарысты ахуалында болды, ал 2018 жылы екі өңір де ЭнҚ (Қ) жағдайының қалыпты ахуалы деңгейіне шықты.

ЭнҚ жағдайының оң өзгерісі Ақмола, Ақтөбе, Қостанай облыстарында орын алды. Бұрынғы қалыпты деңгейде ЭнҚ ҚР, Атырау, Батыс Қазақстан және Павлодар облыстарында қалды. Талдамалық зерттеу нәтижелері бойынша ЭнҚ жағдайының нашарлауы Алматы, Шығыс Қазақстан, Қарағанды облыстарында анықталды. ҚР ҰЭМ статистика комитетінің деректері бойынша бұл өңірлерде 2018 жылы өнеркәсіп өндірісінің көлемі ұлғайды (ШҚО – 9,5 %, Қарағанды облысы – 0,9 %, Алматы қаласы – 4,3 % және Алматы облысы – 2,7 %-ға), бірақ та бұл өңірлерде электр энергиясын өндірудің өсуі болған жоқ, бұл ЭнҚ деңгейінің төмендеуіне алып келді. [5].

Жамбыл облысы және оңтүстік өңірлерде (Шымкент қаласы және Түркістан облысы) ЭнҚ жағдайының дағдарысты төтенше жағдайы сол төмен деңгейде қалды. Әдеттегідей, елдің оңтүстік аймағы сыртқы электр көздеріне тәуелді болып келеді (2-кестенің № 2 бағаны).

Қорытынды

2018 жылы жалпы ішкі өнім (ЖІӨ) алдыңғы 2017 жылмен салыстырғанда 7%-ға өсті, ал ЭЭ өндірісінің өсімі 2017 жылмен салыстырғанда 5,4%-ға өсті. ҚР ЖІӨ энергия сыйымдылығы 2010 жылғы бағамен 11,9%-ға төмендеді және 2018 жылы 0,37 құрады, ал әлем бойынша бұл көрсеткіштің орташа мәні 0,2 кг м.э./$ (мұнай эквиваленті/доллар) құрады [6]. Яғни, Қазақстанның ЖІӨ энергия сыйымдылығы әлемдік орташа деңгейден 185 %-ға жоғары. Демек, елдегі ЭнҚ деңгейін арттырудың негізгі бағыты энергия үнемдейтін ұйымдастырушылық және техникалық-экономикалық іс-шараларды кеңінен енгізу болып келеді. Энергия үнемдеу ресурстары жаңа қуаттарды салуға қарағанда арзандау, себебі ол – энергияны үнемдеу, жаңа электр станцияларын салуға қарағанда 3–5 есе аз инвестицияны қажет етеді. Сарапшыларылармен шартты отынның әр тоннасын өндіргенде, оны үнемдеуге қарағанда 3-4 есе көп инвестиция қажет екенін анықтады [7].

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Мустафина, Р. М., Мустафина, Г. М., Танат, А. Х.** Исследование электроэнергетической безопасности регионов Казахстана методом индикативного анализа. [Текст] // Журнал Вестник ПГУ. Серия энергетическая. № 2. – П., 2008. – С. 33–47.

2 **Благодатских, В. Г., Богатырев, Л. Л., Бушуев, В. В. и др.** Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов Российской Федерации [Текст] : учебник для бакалавров / под ред. Татаркина А. И. – Е. : Издательство Урал. ун-та, 1998. – 197 с.

3 **Абдиева, К. С.** Статистический ежегодник Казахстана [Текст]. – Алматы, 2006. – 502 с.

4 Топливно-энергетический баланс Республики Казахстан 2014–2018, Статистический сборник. – Нұр-Сұлтан, 2019. – С. 21, 35 [Электронный ресурс]. – https://stat.gov.kz/official/industry/30/statistic/5

5 Итоги работы промышленности в 2018 году. Экспресс-информация [Электронный ресурс]. – https://stat.gov.kz/official/industry/151/statistic/6

6 ВВП Казахстана – Википедия [Электронный ресурс]. – https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%92%D0%9F_%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0.

7 **Серебряников, Н. И., Маханьков, А. К., Гаврилов, Е. И. и др.** Энергосбережение – основной источник повышения эффективности производства и передачи электрической и тепловой энергии в АО Мосэнерго [Текст] // Энергосбережение и водоподготовка. – М., 1998. – № 4. – С. 6–12.

8 **Сибикин, Ю., Сибикин, М.** О важнейших направлениях энергосберегающей политики Российской Федерации [Текст] // Промышленная энергетика, № 11. – М., 1994. – С. 15–19.

9 Гражданская восьмерка – 2006. Заявление Председателя. Итоговый документ саммита «группы восьми». [Электронный ресурс]. – http://civilg8.ru/sam_doc/6245.php

10 **Богатырев, Л. Л., Еремин, В. М., Ермашкевич, В. Н. и др.;** Состояние и перспективы развития экономики России и Республики Беларусь в рамках союзного государства [Текст] / под научной ред. Татаркина А. И., Куклина А. А. – Екатеринбург : Издательство Уральского ун-та, 2001. – 535 с.

References

1 **Mustafina, R. M., Mustafina, G. M., Tanat, A. H.** Issledovanie elektroenergeticheskoj bezopasnosti regionov Kazahstana metodom indikativnogo analiza [Research of electric power safety of regions of Kazakhstan by the method

of indicative analysis] [Text] In Journal Vestnik PSU. Energeticheskaya series. – No. 2. – P., 2008. – P. 33–47.

2 **Blagodatskih, V. G., Bogatyrev, L. L., Bushuev, V. V. ed al.;** Vliyanie energeticheskogo faktora na ekonomicheskuyu bezopasnost' regionov Rossijskoj Federacii [Influence of the energy factor on the economic security of the regions of the Russian Federation] [Text]: textbook for bachelors. ed. Tatarkina A. I. – Ekaterinburg : Ural University publishing House, 1998. – 197 p.

3 **Abdieva, K. S.** Statisticheskij ezhegodnik Kazahstana [Statistical Yearbook of Kazakhstan] [Text]. – Almaty, 2006. – 502 p.

4 Toplivno-energeticheskij balans Respubliki Kazahstan 2014–2018. Statisticheskij sbornik [Fuel and energy balance of the Republic of Kazakhstan 2014–2018, Statistical collection]. Nur-Sultan, 2019. – P. 21, 35. [Electronic resource]. – https://stat.gov.kz/official/industry/30/statistic/5

5 Itogi raboty promyshlennosti v 2018 godu. Ekspress-informaciya [Results of the industry in 2018. Express information] [Electronic resource]. – https://stat.gov.kz/official/industry/151/statistic/6

6 VVP Kazahstana – Vikipediya [GDP of Kazakhstan-Wikipedia] [Electronic resource]. – https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%92%D0%9F_%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0

7 **Serebryanikov, N. I., Mahan'kov, A. K., Gavrilov, E. I. et al.** Energosberezhenie – osnovnoj istochnik povysheniya effektivnosti proizvodstva i peredachi elektricheskoj i teplovoj energii v AO Mosenergo [Energy saving is the main source of increasing the efficiency of production and transmission of electric and thermal energy in MOSENERGO JSC] [Text] In Energy saving and water treatment. – Moscow, 1998. – No. 4. – P. 6–12.

8 **Sibikin, YU., Sibikin, M.** O vazhnejshih napravleniyah energosberegayushchej politiki Rossijskoj Federacii [About the most important directions of energy saving policy of the Russian Federation] [Text] In Industrial power engineering. – No. 11. – Moscow, 1994. – P. 15–19.

9 Grazhdanskaya vos'merka – 2006. Zayavlenie Predsedatelya. Itogovyj dokument sammita «Gruppy vos'mi» [Civil eight-2006. Presidential statement. Final document of the group of eight summit] [Electronic resource]. – http://civilg8.ru/sam_doc/6245.php.

10 **Bogatyrev, L. L., Eremin, V. M., Ermashkevich, V. N. et al.** Sostoyanie i perspektivy razvitiya ekonomiki Rossii i Respubliki Belarus' v ramkah soyuznogo gosudarstva [State and prospects of development of the economy of Russia and the Republic of Belarus within the framework of the Union state] [Text] In Tatarkina A. I., Kuklina A. A. (eds.) – Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2001. – 535 p.

Материал 30.09.20 баспаға түсті.

Р. М. Мустафина[1], Е. Ж. Сарсикеев[2], Г. О. Оразова[3]

Состояние электроэнергетической безопасности регионов Казахстана в 2018 году

[1,3]Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;
[2]Казахский агротехнического университета имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан.
Материал поступил в редакцию 30.09.20.

R. M. Mustafina[1], Ye. Zh. Sarsikeyev[2], G. O. Orazova[3]

The state of electric power security in the regions of Kazakhstan in 2018

[1,3]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[2]S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 30.09.20.

Обеспечение и поддержание энергетической безопасности является стратегической задачей государства. Энергетическая отрасль является главной отраслью экономики страны, обеспечивающей ее стабильное и устойчивое развитие. Постоянный мониторинг состояния электроэнергтической безопасности республики и ее регионов позволяет производить качественный анализ состояния этого блока энергетической безопасности. Сравнительный анализ состояния электроэнергетической безопасности проведен при применении метода индикативного анализа с использованием пороговых значений критериев оценки состояния энергетической безопасности. При проведении аналитического анализа были использованы офиальные статистические данные Комитета статистики Министерства национальной экономики РК за 2006 и 2018 годы. В результате исследования установлено, что только три области Казахстана имеют нормальный уровень энергетической безопасности по блоку обеспеченности электрической энергией и в целом РК. Нормализовались за эти годы показатели в Кызылординской и Северо-Казахстанской областях. Но ухудшились критерии блока обеспеченности электрической энергией энергетической безопасности в следующих областях: Алматинской, Восточно-Казахстанской, Карагандинской. Не изменилось критическое

состояние электроэнергетической безопасности в южном регионе. Энергоемкость ВВП страны по сравнению со средним мировым показателем высока. Наиболее экономически выгодным способом повышения энергетической безопасности является широкое внедрение энергосберегающих организационных и технико-экономических мероприятий.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, блок обеспеченности электроэнергией, критерии, пороговые уровни критериев, состояния энергетической безопасности.

Ensuring and maintaining energy security is a strategic task of the state. The energy industry is the main branch of the country's economy, ensuring its stable and sustainable development. Constant monitoring of the state of electric power security of the republic and its regions allows a qualitative analysis of the state of this block of energy security. A comparative analysis of the state of electric power safety was carried out using the method of indicative analysis with the application of threshold values criteria for assessing the state of energy safety. During the analytical analysis, official statistical data of the Statistics Committee of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan for 2006 and 2018 were used. As a result of the study, it was established that only three regions of Kazakhstan have a normal level of energy security in the block of electricity supply and in the whole of the Republic of Kazakhstan. Over the years, indicators normalized in the Kyzylorda and North Kazakhstan regions. But the criteria for the block of provision of electric energy and energy security worsened in the following areas: Almaty, East Kazakhstan, Karaganda. The critical state of electricity security in the southern region did not change. The energy intensity of the country's GDP is high compared to the world average. The most cost-effective way to improve energy security is the widespread introduction of energy-saving organizational and technical economic measures.

Keywords: energy security, block of power supply, criteria, threshold levels of criteria, state of energy security.

МРНТИ 45.03.03

https://doi.org/10.48081/GBAD8875

А. Н. Новожилов[1], Е. М. Волгина[2], Т. А. Новожилов[3]
[1,2]Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;
[3]Омский государственный технический университет,
Российская Федерация, г. Омск

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ БЛОКА «ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ» ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ТОКОПРОВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Электроснабжение электролизного производства чаще всего осуществляется с помощью регулировочного трансформатора и блока «выпрямительный трансформатор». Традиционно защита трансформаторов с токопроводами от коротких замыканий осуществляется с помощью максимальной токовой защиты, токовой отсечки, дифференциальной защиты и газовой защиты. Однако каждая из этих защит обладает определенными недостатками. В статье предложено устройство защиты блока выпрямительных трансформаторов электролизного производства и токопровода переменного тока с использованием магнитных трансформаторов тока.

Ключевые слова: электролиз, трансформатор, токопровод, магнитный трансформатор тока, релейная защита.

Введение

Как известно [1, 2] электроснабжение электролизного производства чаще всего осуществляется с помощью регулировочного трансформатора и блока «выпрямительные трансформаторы». Схема такого электроснабжения приведена на рисунке 1. Из этого рисунка видно, что в качестве первичных обмоток каждого из трансформаторов этого блока используются обмотки высокого напряжения, которые соединяются в прямую и обратную «звезду».

Материалы и методы

Фундаментальные положения теоретических основ математики, электротехники и электрических машин, а также теория построения релейной защиты и натурный эксперимент.

Результаты и обсуждения

Обмоток низкого напряжения на каждом трансформаторе блока две. Они выполняются одинаковыми. При этом вторичные обмотки первого трансформатора соединяются в прямой и обратный треугольник, а вторичные обмотки второго – в прямую и обратную «звезду». В результате чего на выходе блока «выпрямительные трансформаторы» образуется двенадцатифазная система переменного тока.

Из мировой практики эксплуатации трансформаторов известно, что на короткие замыкания (КЗ) в них приходится до 52 % от общего числа их повреждений. Из этих КЗ примерно 48–86 % составляют витковые замыкания (ВЗ) [3, 4].

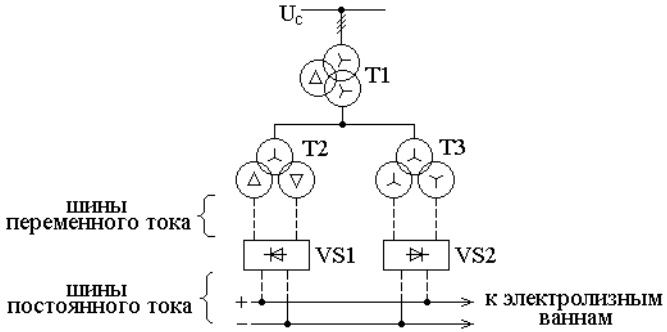


Рисунок 1 – Схема электроснабжения электролизного производства

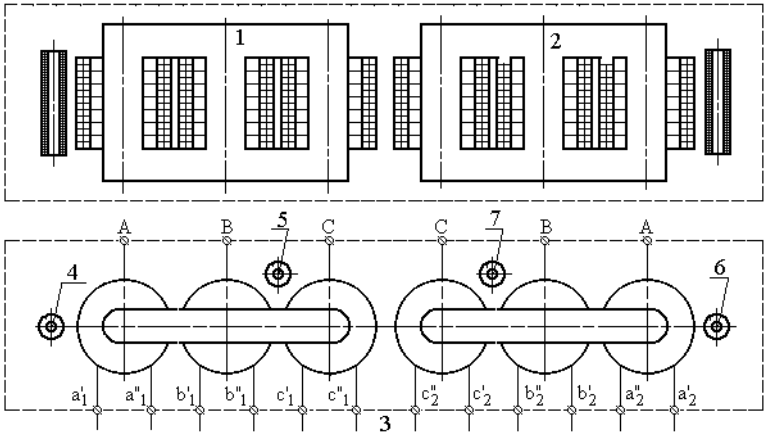


Рисунок 2 – Схема размещения МТТ
в блоке «выпрямительные трансформаторы»

Традиционно защита трансформаторов с токопроводами от КЗ осуществляется с помощью максимальной токовой защиты (МТЗ), токовой отсечки (ТО), дифференциальной защиты (ДЗ) и газовой защиты (ГЗ) [5, 6]. Однако МТЗ и ТО не реагируют на ВЗ в трансформаторе, а ДЗ обладают низкой чувствительностью к этому виду замыкания. При этом ДЗ трансформатора, а также МТЗ и ТО токопроводов сложной конструкции часто невозможно реализовать из-за недостаточности места для установки трансформатора тока или из-за необходимости установки их на большое количество выводов вторичной обмотки трансформатора.

В значительной мере этих недостатков лишена релейная защита блока «выпрямительные трансформаторы» с токопроводом [7], взаимное расположение трансформаторов 1, 2 и магнитных трансформаторов тока (МТТ) 4–7 в котором показано на рисунке 2. В такой реализации защиты МТТ 4 и 6 имеют по две обмотки, а МТТ 5 и МТТ 7 – по одной обмотке. Все обмотки этих МТТ одинаковы.

На рисунке 3 приведена принципиальная схема защиты. По ней в защите первого трансформатора и для сравнения ЭДС обмоток 8 и 9 МТТ 4 и 5 используются переменный резистор 10 и реле 11. Нормально разомкнутый контакт 12 этого реле подключается к цепи отключения 13 выключателя и блоку индикации 14. А его нормально замкнутый контакт 15 подключен к цепи отключения выключателя 16 и блоку индикации 14.

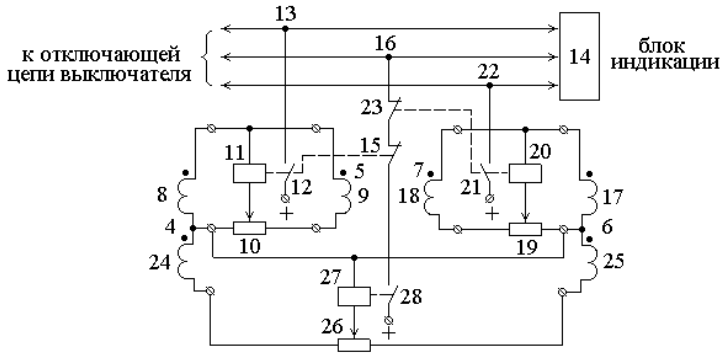


Рисунок 3 – Принципиальная схема устройства защиты блока из двух выпрямительных трансформаторов электролизного производства и их шинопровода

В защите второго трансформатора для сравнения ЭДС обмоток 17 и 18 МТТ 6 и МТТ 7 используется переменный резистор 19 и реле 20. Нормально разомкнутый контакт 21 этого реле подключается к цепи 22 отключения

выключателя и блоку индикации 14. А его нормально замкнутый контакт 23 подключен к цепи отбключения выключателя 16 и блоку индикации 14.

В защите токопровода для сравнения ЭДС обмоток МТТ 24 и 25 используется переменный резистор 26 и реле 27. Нормально разомкнутый контакт 28 реле 27 через контакты 15 и 23 подключается к цепи 16 отключения выключателя и блоку индикации 14.

В произвольном эксплуатационном режиме работы блока №выпрямительные трансформаторы» в обмотках всех МТТ токами в обмотках выпрямительных трансформаторов индуктируются одинаковые ЭДС. Поэтому токи в реле 11, 20 и 27 будут равны нулю, ах их контакты находится в том положении, которое указано на рисунке 3. В результате сигнал в цепях 13, 18 и 22 отключения выключателя будет отсутствовать. Блок «выпрямительный трансформатор» с токопроводом остается в работе, а блок информации высветит «НОРМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ».

При ВЗ, например, в одной из обмоток фазы А первого выпрямительного трансформатора в ней образуется дополнительный контур с током, величина которого на порядок больше тока в остальной части этой обмотки. В связи с этим ЭДС в обмотках 8 и 24 МТТ 4 станут больше ЭДС в обмотках остальных МТТ. В цепях реле 11 и 27 появится ток и они сработают. При этом их нормально разомкнутые контакты 12 и 28 замкнутся, а нормально замкнутый контакт 15 разомкнется. Замкнувшийся контакт 12 через цепь 13 подаст сигнал на отключение первого выпрямительного трансформатора от сети и на блок информации 13, который высветит «ВЗ В ПЕРВОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ». В свою очередь разомкнувшийся контакт 15 заблокирует подачу сигнала в цепь 16. Что обеспечивает защите первого трансформатора абсолютную селективность, то есть она будет срабатывать только при ВЗ в его обмотках. Очевидно, при ВЗ в обмотках остальных фаз этого трансформатора его защита будет действовать аналогично.

При ВЗ в одной из обмоток второго выпрямительного трансформатора ток появится в цепях реле 20 и 27 и они сработают. При этом их нормально разомкнутые контакты 21 и 28 замкнутся, а нормально замкнутый контакт 23 разомкнется. Замкнувшийся контакт 21 через цепь 22 подаст сигнал на отключение второго выпрямительного трансформатора от сети и на блок информации 14, который высветит «ВЗ ВО ВТОРОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ». В свою очередь разомкнувшийся контакт 23 заблокирует подачу сигнала в цепь 16. Что обеспечивает защите второго трансформатора абсолютную селективность.

При КЗ в шинопроводе 3, например выводами a'_1 и a''_1 на рисунке 2, из-за значительно возросшего тока в обмотке фазы А первого трансформатора ЭДС в обмотках 8, 9 и 24 МТТ 4 и 5 4 станут больше ЭДС в обмотках остальных МТТ. При этом ЭДС в обмотках 8 и 9 МТТ 4 и 5 будут одинаковы.

В цепи реле 27 появится ток и оно сработают. Его нормально разомкнутый контакт 28 замкнется и через цепь 16 сформирует сигнал на отключение выпрямительных трансформаторов от сети и на блок информации, который высветит «КЗ В ШИНОПРОВОДЕ».

В связи с неточностью изготовления и установки катушек трансформатора и МТТ в эксплуатационном режиме работы в реле 11, 20 и 27 протекает ток небаланса определяемый как

$$I_{нб11} = \frac{E_{мтт8} - E_{мтт9}}{(Z_{ро} + Z_{мтт} + R_б / 2)},\ I_{нб20} = \frac{E_{мтт17} - E_{мтт18}}{(Z_{ро} + Z_{мтт} + R_б / 2)} \text{ и } I_{нб27} = \frac{E_{мтт24} - E_{мтт25}}{(Z_{ро} + Z_{мтт} + R_б / 2)}, \quad (1)$$

где $E_{мтт8}$ и $E_{мтт9}$, $E_{мтт17}$ и $E_{мтт18}$, $E_{мтт24}$ и $E_{мтт25}$ – ЭДС в обмотках 8 и 9, 18 и 19, 24 и 25 МТТ; где $Z_{ро}$ и $Z_{МТТ}$ – полное сопротивление реагирующего органа и МТТ; $R_б$ – величина балансных сопротивлений 10, 19 и 26.

В связи с этим порог срабатывания реле 11, 20 и 27 рассчитывается как

$$I_{ср11} = k_н I_{нб11,нам},\ I_{ср20} = k_н I_{нб20,нам} \text{ и } I_{ср27} = k_н I_{нб27,нам}, \quad (2)$$

где $k_н$ – коэффициент надежности равный 1,3-1,6; $I_{нб11,нам}$, $I_{нб20,нам}$ и $I_{нб27,нам}$ – ток небаланса при включении трансформатора в сеть.

Выводы

Проверка работоспособности защиты блока из двух выпрямительных трансформаторов и их шинопровода от повреждений осуществленного в лабораторных условиях. Она показала, что разработанная защита вполне удовлетворяет требованиям, которые обычно предъявляют к устройствам релейной защиты.

Список использованных источников

1 **Свенчанский, А. Д.** Электроснабжение и автоматизация электротермических установок. – М. : Энергия, 1980. – 320 с.

2 **Тормасов, В. В.** Электротехнология основных производств. М. : Высшая школа, 1970. – 288 с.

3 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А.** Релейная защита однофазного трансформатора на магнитных трансформаторах тока. – Павлодар : Изд-во Кереку, 2017. – 117 с.

4 **Засыпкин, А. С.** Релейная защита трансформаторов. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 240 с.

5 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М. : Высшая школа, 1991. – 495 с.

6 **Беркович, М. А.** Основы техники релейных защит. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 232 с.

7 Пат. 26738 РК. Устройство защиты трехфазного трансформатора от замыканий обмоток / Новожилов А. Н., Колесников Е. Н., Новожилов Т. А. и др.; опубл. 15.03.13, Бюл. № 3. – 4 с.

8 **Волгина, Е. М., Новожилов, А. Н., Колесников, Е. Н., Новожилов, Т. А.** Моделирование работы трехфазного трехобмоточного трансформатора // Вестник ПГУ. – 2019. – № 2. – С. 62–74.

9 Пат. RU 2705213 C1 МПК H02H 3/28. Устройство максимальной токовой защиты электрической установки / Никитин К. И., Иванов Г. В., Волгина Е. М. и др.; опубл. 06.11.19 Бюл. № 31. – 10 с.

10 Пат. 32511 РК. Устройство максимальной токовой защиты электрической установки / Новожилов А. Н., Новожилов Т. А., Волгина Е. М.; опубл. 30.11.17, Бюл. № 22. – 4 с.

11 **Новожилов, А. Н., Волгина, Е. М.** Магнитный трансформатор тока для максимальной токовой защиты // Интернаука : сб. ст. по матер. 7-й междунар. науч.-практ. конф. – М., 2018. – С. 128–133.

12 **Казанский, В. Е.** Трансформаторы тока в схемах релейной защиты. – М. : Энергия, 1969. – 184 с.

13 А.с. 1860027А1. СССР. Дифференциальный датчик для измерения тока / В. Е. Казанский, А. П. Кузнецов; опубл. 13.10.66, Бюл. №18. – 4 с.

14 **Volgina, E. M., Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A., Kolesnikov, E. N. & Rakhimberdinova, D. M.** Magnetic Field Scattering of a Transformer Winding on a Round Rod for a Safety Relay // Russian Engineering Research. – 2020. – № 40. – P. 710–713.

References

1 **Svenchanskij, A. D.** Elektrosnabzhenie i avtomatizaciya elektrotermicheskih ustanovok [Power supply and automation of electrothermal installations]. – Moscow : Energiya, 1980. – P. 320.

2 **Tormasov, V. V.** Elektrotekhnologiya osnovnyh proizvodstv [Electrotechnology of the main industries]. – Moscow : Vysshaya shkola, 1970. – P. 288.

3 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A.** Relejnaya zashchita odnofaznogo transformatora na magnitnyh transformatorah toka [Relay protection of a single-phase transformer on magnetic current transformers]. – Pavlodar : Kereku, 2017. – P. 117.

4 **Zasypkin, A. S.** Relejnaya zashchita transformatorov [Relay protection of transformers]. – Moscow : Energoatomizdat, 1989. – 240 p.

5 **Andreev, V. A.** Relejnaya zashchita i avtomatika sistem elektrosnabzheniy. [Relay protection and automation of power supply systems]. – Moscow : Vysshaya shkola, 1991. – P. 495.

6 **Berkovich, M. A.** Osnovy tekhniki relejnyh zashchit [Fundamentals of relay protection technology]. – Moscow : Energoatomizdat, 1984. – p. 232.

7 Pat. 26738 RK. Ustrojstvo zashchity trekhfaznogo transformatora ot zamykanij obmotok [Three-phase transformer protection device against winding faults]. Novozhilov A. N., Kolesnikov E. N., Novozhilov T. A. i dr. Opubl. 15.03.13. – Byul. № 3. – P. 4.

8 **Volgina, E. M., Novozhilov, A. N., Kolesnikov, E. N., Novozhilov, T. A.** Modelirovanie raboty trekhfaznogo trekhobmotochnogo transformatora [Modeling the operation of a three-phase three-winding transformer] [Text] In Vestnik PGU. – 2019. – № 2. – P. 62–74.

9 Pat. RU 2705213 C1 MPK N02N 3/28. Ustrojstvo maksimal'noj tokovoj zashchity elektricheskoj ustanovki [Overcurrent protection device for electrical installation]. Nikitin K. I., Ivanov G. V., Volgina E. M. et al. Opubl. 06.11.19. Byul. № 31. – P. 10.

10 Pat. 32511 RK. Ustrojstvo maksimal'noj tokovoj zashchity elektricheskoj ustanovki [Overcurrent protection device for electrical installation]. Novozhilov A. N., Novozhilov T. A., Volgina E. M. Opubl. 30.11.17. Byul. № 22. – P. 4.

11 **Novozhilov, A. N., Volgina, E. M.** Magnitnyj transformator toka dlya maksimal'noj tokovoj zashchity [Magnetic current transformer for overcurrent protection] [Text] In Internauka : sb. st. po mater. 7-j mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Moscow, 2018. – P. 128–133.

12 **Kazansky, V. E.** Transformatory toka v skhemah relejnoj zashchity. [Current transformers in relay protection circuits]. – Moscow : Energiya, 1969. – P. 184.

13 A.s. 1860027A1. SSSR. Differencial'nyj datchik dlya izmereniya toka [Differential current sensor]. V. E. Kazanskij, A. P. Kuznecov. Opubl. 13.10.66. Byul. № 18. – P. 4.

14 **Volgina, E. M., Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A., Kolesnikov, E. N. & Rakhimberdinova, D. M.** Magnetic Field Scattering of a Transformer Winding on a Round Rod for a Safety Relay. In Russian Engineering Research. – 2020. – № 40. – P. 710–713.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

А. Н. Новожилов[1], Е. М. Волгина[2], Т. А. Новожилов[3]

Электролиз өндірісінің түзеткіш трансформатор қондырғысы мен айнымалы ток өткізгіштің қорғаныс құрылғысы

[1,2]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;
[3]Омск мемлекеттік техникалық университеті,
Ресей Федерациясі, Омбы қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov[1], E. M. Volgina[2], T. A. Novozhilov[3]

Unit protection device «Rectifier transformers» electrolysis production and AC circuits

[1,2] Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[3]Omsk State Technical University,
Russia, Omsk.
Material received on 30.09.20.

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.

Electricity supply for electrolysis production is most often carried out using a regulating transformer and a rectifier transformer unit. Traditionally, protection of transformers with busbars against short circuits is carried out by means of overcurrent protection, overcurrent cutoff, differential protection and gas protection. However, each of these protections has certain disadvantages. The article proposes a protection device for the rectifier transformer block of the electrolysis production and the alternating current conductor using magnetic current transformers.

Keywords: electrolysis, transformer, current lead, magnetic current transformer, relay protection.

МРНТИ 27.35.33

https://doi.org/10.48081/YYQF6740

Б. Б. Оразбаев[1], А. К. Жумадиллаева[2], К. Н. Оразбаева[3], Л. Т. Курмангазиева[4], Б. Е. Утенова[5]

[1,2]Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;
[3]Казахский университет Экономики, финансов и международной торговли,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;
[4]Атырауский университет им. Х.Досмухамедова,
Республика Казахстан, г. Атырау;
[5]Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева,
Республика Казахстан, г. Атырау

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

В статье исследованы проблемы разработки математических моделей взаимосвязанных объектов технологической системы при дефиците, нечеткости исходной информации и предложен подход к их решению. Для решения проблемы неопределенности и нехватки исходной информации для разработки математических моделей технологических объектов предложена методика построения систему математических моделей объектов с использованием нечеткой информации, а также доступных теоретических и статистических данных. Суть предлагаемой методики разработки математических моделей взаимосвязанных технологических агрегатов установки ЛГ заключается в применении методов системного анализа и теорий нечетких множеств, позволяющие использовать нечеткой информации и других доступных данных. Методика позволяет для каждого объекта определить наиболее подходящего типа модели для него и создать пакета моделей путем объединения разработанных моделей агрегатов в единую систему. Соответственно полученный пакет моделей может системно моделировать работу технологической установки и определить оптимальный режим работы. Работа выполнена

в рамках проекта грантового финансирования МОН РК «Интеллектуализированная система поддержки принятия решений для управления режимами работы установки каталитического риформинга» ИРН AP08855680.

Ключевые слова: математическая модель, установка каталитического риформинга, нечеткая модель, лингвистическая модель, экспертная оценка, системный анализ, лицо, принимающее решение.

Введение

В настоящее время во всех нефтеперерабатывающих заводах для производства высококачественного бензина используются технологические установки каталитического крекинга и каталитического риформинга, которые использую различные катализаторы и имеют в своем составе различные блоки и взаимосвязанные технологические агрегаты [1, 2].

В данной работе объектом исследования является установка каталитического риформинга модели ЛГ-35-11/300-95, функционирующая на Атырауском нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) с 1971 года [3]. На установке ЛГ протекает процесс каталитического риформинга прямогонных бензинов с установки первичной переработки нефти, который является важнейшим технологическим процессом современной нефтепереработки и нефтехимии. Установка каталитического риформинга служит для производства высокооктанового автомобильных бензинов, ароматических углеводородов (сырья для нефтехимического синтеза) и водородосодержащего газа (ВСГ) ВСГ (технический водород), используется в гидрогенизационных процессах нефтепереработки. Такие установки ЛГ имеются почти на всех отечественных и зарубежных НПЗ [4–6].

Производительность установки ЛГ-35-11/300-95 по сырью 300,0 тыс.тн/год, использует катализаторы UOP – S-12T (блок гидроочистки) и UOP – R-56 (блок риформинга. Целевым продуктом установки является высокооктановый компонент товарных бензинов (с октановым числом до 95 пунктов по исследовательскому методу) и сжиженный бытовой газ [3, 7]. Установка ЛГ состоит из 4-х блоков, основными которых являются блок каталитического риформинга (для превращения нафтенов и парафинов в ароматические углеводороды) и блок гидроочистки (для очистки бензина от органических соединений серы, кислорода и азота).

В производственных условиях некоторые важные параметры, характеризующие сложные процессы, как процесс риформинга, количественно трудно измеряются или не измеряются, но они могут быть оценены нечетко на естественном или языке. При разработке математических

моделей таких сложных технологических систем, возникают проблемы неопределенности из-за дефицита и нечеткости исходной информации [8, 9]. Но на практике часто за счет опыта, знания и интуиции оператора, технолога – лица, принимающего решения (ЛПР), формализуемого в виде нечеткой информации, задача выбора эффективных режимов работы и управления этими объектами успешно решается. Для нечетко описываемых технологических систем, типа установка ЛГ, методы исследования и разработки математических моделей с использованием нечеткой информации является весьма актуальной научно-технической задачей.

Объект исследования: агрегаты установки каталического риформинга

Предмет исследования: моделирование системы установок ЛГ на основе нечеткой информации

Цель: целью настоящей работы является создание методики разработки математических моделей взаимосвязанных технологических агрегатов на примере установки каталитического риформинга в условиях дефицита и нечеткости исходной информации.

Задачи:

– разработать методику построения математических моделей ее основных агрегатов с учетом нечеткости исходной информации;

– моделирование с целью принятия решений по выбору оптимального режима работы установки каталитического риформинга.

Для системного моделирования с целью принятия решений по выбору оптимального режима работы установки каталитического риформинга необходимо разработать методику построения математических моделей ее основных агрегатов с учетом нечеткости исходной информации. Разрабатываемая методика должна позволить построить адекватных математических моделей взаимосвязанных агрегатов установки ЛГ на основе нечеткой и другой доступной информации различного характера.

Для разработки методики построения математических моделей взаимосвязанных технологических объектов в условиях неопределенности с использованием нечеткой и доступной информации различного характера используются методы системного анализа [10], методы теории вероятностей и математической статистики [11, 12], методы разработки детерминированных моделей [4, 6, 13], а также методы теорий нечетких множеств и экспертной оценки [8, 9, 14].

Методы и результаты исследования

На основе методов системного анализа разрабатываем методику построения математических моделей взаимосвязанных агрегатов технологической системы, например, установки ЛГ на основе нечеткой информации и других доступных данных. Доступной исходной информацией

может быть статистические, экспериментальные данные, теоретические сведения и экспертная информация.

Методика разработки математических моделей технологической системы (ТС), состоящей из взаимосвязанных объектов, на основе доступной информации различного характера включает в себя следующие основные пункты:

1 Исследование и системный анализ ТС: сбор и обработка доступной информации, определение цели моделирования;

2 С учетом цели моделирования определдить и выбрать критериев оценки и сравнения типов моделей, для каждого агрегата исследуемого технологического комплекса;

3 По выбранным критериям провести экспертную оценку каждого типа модели для агрегатов и по интегрированному критерию определить эффективного типа модели для каждого агрегата. Данный этап может иметь следующие подэтапы:

3.1 В случае достаточности теоретических сведений, описывающих работу отдельного агрегата и по интегрированному критерию детерминированный модель будет оптимальной, то для этого агрегата на основе аналитических методов строится детерминированная модель;

3.2 Если статистические данные, описывающие работу агрегата домтаточно, либо их можно собрать на основе экспериментов, а также по интегрированному критерию экспериментально-статистическая модель является оптимальной, то на основе экспериментально-статистических методов разрабатывается статистическая модель агрегата;

3.3 На практике может имет место случай, когда теоретическая и статистическая информация, описывающая работу исследуемого агрегата недостаточна, а сбор такой информации невозможно или экономически нецелесообразно. В этом случае, если имеется нечеткая информация и по интегрированному критерию оптимальной является нечеткая, лингвистическая модель, то с применением методов теорий нечетких множеств строится нечеткая или лингвистическая модель объекта. Для этого переход осуществлется к пункту 4;

3.4 Если теоретические, статисчтические данные и нечеткая информация, описывающая работу агрегата ТС недостаточно или их сбор экономически нецелесообразен, то строится комбинированная (гибридная) модель [9]. В этом случае комбинированная модель разрабатывается на основе доступной информации различного характера (теорпетической, статистической, нечеткой). Для этого для описания конкретного параметроа объекта, используется различные комбинации подпунктов 3.1, 3.2, 3.3.

4 Определение и выбор входных $\tilde{x}_i \in \tilde{A}_i, i=\overline{1,n}$ и выходных $\tilde{y}_j \in \tilde{B}_j, j=\overline{1,m}$ параметров (переменных) объекта, описывающие соответственно, входные, режимные параметры, и качество работы объекта. Эти параметры необходимы для построения модели и могут быть лингвистическими переменными: $\tilde{A}_i \in X, \tilde{B}_j \in Y$ – нечеткие подмножества, X, Y – универсальные множества, входных и выходных параметров. Входные параметры могут быть четкими, т.е. $x_i \in X_i, i=\overline{1,n}$.

5 Если $x_i \in X_i, i=\overline{1,n}$, т.е. входные параметры четкие, то определить структуру нечетких моделей $\tilde{y}_j = \tilde{f}_j(x_1,...,x_n,\tilde{a}_0,\tilde{a}_1,...,\tilde{a}_n)$, $j=\overline{1,m}$ (структурная идентификация моделей). Например, структура модели может быть опредлена в виде нечетких урапвнений множественной регрессии:

$$\tilde{y}_j = \tilde{a}_{0j} + \sum_{i=1}^{n} a_{ij}x_{ij} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=i}^{n} a_{ikj}x_{ij}x_{kj}, \; j=\overline{1,m}.$$

6 На основе методов экспертной оценки с привлечением ЛПР определить терм-множества $T(\tilde{X}_i,\tilde{Y}_j)$, описывающие параметры моделируе-мого объекта.

7 Построение функции принадлежности нечетких параметров объекта: $\mu_{A_i}(\tilde{x}_i)$, $\mu_{B_j}(\tilde{y}_j)$.

На основе опыта моделирования технологических объектоа нефтеперерабатывающего производства вв нечеткой среде можно рекомендовать следующую адаптируемую структуру функции принадлежности:

$$\mu^p_{B_j}(\tilde{y}_j) = \exp(Q^p_{B_j}\left|(y_j - y_{mdj})^{N^p_{B_j}}\right|),$$

где $\mu^p_{B_j}(\tilde{y}_j)$ − функция принадлежности, описывающие выходных нечетких параметров к нечеткому множеству $\tilde{B}_j$; p − номер кванта (интервала дискретизации); $Q^p_{B_j}$ – параметр (коэффициент), определяющий уровень нечеткости, который определяется при идентификации функции принадлежности; $N^p_{B_j}$ – коэффициенты, определяющие область определения термов функции принадлежности нечетких параметров и позволяющие менять форму графика функции принадлежности; y^p_{mdj} − нечеткая переменная, наиболее соответствующая заданному терму на кванте p. Данная переменная определяется из следующего условия $\mu_{B_j}(y^p_{mdj}) = \max_j \mu_{B_j}(y_j)$.

8 Если входные и выходные параметры являются нечеткими, то необходимо определить связи между входными и выходными лингвистическими переменными, т.е. нечетких отображений R_{ij} между $\tilde{x}_i$ и $\tilde{y}_j$.

Для удобства применения нечеткого отображения при вычислении опрелеляется матрица связей с функциями принадлежности:

$$\mu_{R_{ij}}(\tilde{x}_i, \tilde{y}_j) = \min[\mu_{A_i}(\tilde{x}_i), \mu_{B_{ji}}(\tilde{y}_j), i = \overline{1,n}, j = \overline{1,m}].$$

Затем строится лингвистическая модель, имеющая общую структуру:

IF $\tilde{x}_1 \in \tilde{A}_1(\tilde{x}_2 \in \tilde{A}_2(,...,(\tilde{x}_n \in \tilde{A}_n),...,)$ THEN $\tilde{y}_j^M \in \tilde{B}_j, j = \overline{1,m}$ и перейти к пункту 10.

9 Если выполняется условие пунгкта 5, то с применением множества уровня α и модифированного метода наименьших квадратов определить значения нечетких коэффициентов $(\tilde{a}_0, \tilde{a}_1, ..., \tilde{a}_n)$ (параметрическая идентификация) и перейти к пункту 11.

10 Если выполняется условие пункта 8, то на основе композиционого правила вывода $\tilde{B}_j = \tilde{A}_i \circ R_{ij}$ определить нечетких значений выходных параметров объекта, затем из нечетких решений определяется числовые значения выходных параметров.

В этом пункте с помощью композиционного правила вывода определяется выходные параметры объекта, определяющие качества его работы, например с применением максиминного произведения.

Пусть $\tilde{x}_i^*$ – означает значения входных нечетких параметров объекта, оцененные экспертами. В этом случае множество текущих значений входных параметров определяется как нечеткое множество, в котором функции принадлежности входных параметров будут максимальными: $\mu_{A_i}(\tilde{x}) = \max(\mu_{A_i}(\tilde{x}_i^*))$. Тогда нечеткие значения выходных переменных определяютя в виде функциями принадлежности, выражающая макиминного произвения:

$$\mu_{B_j}(\tilde{y}_j^*) = \max\{\min_{x_i \in X_i}[\mu_{A_i}(\tilde{x}_i^*)\ \mu_{R_{ij}}(x_i^*, \tilde{y}_j)]\}.$$

Количественных значений выходных параметров можно определить с помощью следующего выражения:

$$y_j^c = \arg\max_{\tilde{y}_j^*} \mu_{B_j}(\tilde{y}_j^*),$$

т.е., выбираются значения выходных парамтров, в котором функции принадлежностьи достигают максимальных значений (если функции принадлежности нормальные то 1).

11 Проверка условие адекватности модели: $R = \min\sum_{j=1}^{m}\left(y_j^M - y_j^E\right)^2 \le R_D$, где y_j^M – расчетные (модельные), а y_j^E – экспериментальные (реальное) значения выходных рараметров объекта, R_D – допустимое отклонение. Если условие адекватности выполняется, то модель рекомендуется для моделированияи определения оптимальных режимов работы объекта. В противном случае определяется причина неадекватности модели и переход осуществляется обработно в ссответствующие пункты описанной методики. При этом причиной не адекватностит ммодели могуть быть: не включения в модели некоторых параметров, значительно влияющих на процесс; неправильная структурная и/или парамтрическая идентифыикация модели и т.д.

Предлагаемая методика разработки математических моделей взаимосвязанных объектов в условиях дефицита и нечеткости исходной информации основана на методы системного анализа, экспертной оценки, теорий нечетких множеств, а также на традиционные методы разработки моделей. Методика позволяет в условиях неопределенности из-за дефицита и нечеткости доступной информации, построить систему математических моделей на основе доступной информации различного характера (теоретической, статистической, нечеткой), в том числе комбинируя доступной информации. При этом в зависимости характера используемой информации при построении моделей, могут быть разработаны различные типы моделей (детерминированные, статистические, нечеткие, лингвистические и комбинированные).

С целью определения наиболее подходящего типа модели для каждого агрегата технологической системы необходимо провести системный анализ, и оценка каждого типа моделей по выбранным критерия сравнения. Такими критериями могут быть, например, доступность исходной информации для разработки соответствующего типа модели; стоимость разработки; адекватность модели и др. Так как разработанных моделей еще необходимо объединить в единый пакет моделей для системного моделирования работы технологической установки, следует учесть возможность объединения выбранного типа модели в пакет.

Выводы

Таким образом разработанная методика в условиях дефицита и нечеткости исходной информации позволяет создать систему математических моделей взаимосвязанных объектов на основе доступной информации различного характера. Данный подход может эффективно применен при разработке математических моделей сложных технологических систем, которые часто характеризуются неопределенностью. При этом условием применимости

предлагаемой методики является наличие опытных специалистов, ЛПР (экспертов), которые для многих функционирующих технологических объектов имеются. Математическим аппаратом сбор, формализации и применения нечеткой информации от экспертов, ЛПР является методы теорий нечетких множеств и экспертной оценки.

В работе исследованы проблемы разработки математических моделей сложных технологических комплексов, состоящих из множества взаимосвязанных агрегатов и предложен поход к их решению. Как известно основной проблемой при этом является проблемы неопределенности, возникающие из-за дефицита и нечеткости исходной информации. В статье в качестве объекта исследования описана установка каталитического риформинга модели ЛГ-35-11/300-95, который эксплуатируется на Атырауском НПЗ. Так как некоторые параметры, характеризующие качество производимой продукции, характеризуется нечеткостью, разработанная методика разработки основана на использование нечеткой информации и доступных данных другого характера.

Новизна предлагаемой методики разработки математических моделей взаимосвязанных технологических агрегатов установки ЛГ заключается в применении системного подхода, использование нечеткой информации и других доступных данных, что позволяет решить проблемы неопределенности. Методика позволяет разрабатывать наиболее эффективного типа моделей для отдельных агрегатов технологической системы, создать пакет моделей и провести системное моделирование работы установки с целью определения оптимальных режимов ее работы. Практическая значимость результатов исследования в том, что предлагаемая методика может быть успешно применена при разработке математических моделей различных технологических установок нефтепереработки, нефтехимии и других производств.

Список использованной литературы

1 **Orazbayev, B., Kozhakhmetova, D., Wójtowicz, R., Krawczyk, J.** Modeling of a Catalytic Cracking in the Gasolin Production Installation with a Fuzzy Environment // Energies. – 2020. – 13. – 4736. – P. 1–13. doi: 10.3390/en13184736 www.mdpi.com/journal/energies.

2 **Ахметов, С. А.** Технология глубокой переработки нефти и газа : Учебное пособие для вузов. – Уфа : Гилем, 2002. – 672 с.

3 Технологический регламент установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95. – Атырау, 2018. – 135 с.

4 **Кондрашева, Н. К., Кондрашев, Д. О., Абдульминев, К. Д.** Технологические расчеты и теория каталитического риформинга бензина. – Уфа : ООО «Монография», 2018. 2-изд.– 212 с.

5 **Смидович, Е. В.** Технология переработки нефти и газа. Крекинг нефтяного сырья и переработка углеводородных газов. 4-е изд., стереотип. – М. : ИД Альянс, 2011. – С. 186–195.

6 **Adzamic, Z., Besic, S.** The impact of the catalytic reforming operation severity on cycle duration and product quality at the Rijeka oil refinery // Fuels and lubricants. – Vol. 42. – № 1. – 2013. – P. 83–87.

7 **Абдульминев, К. Г., Ахметов, А. Ф., Сайфуллин, Н. Р., Соловьев, А. С., Абдуллахи, Х. М.** Производство ароматических углеводородов и высокооктановых бензинов фракционированием катализатов риформинга // Башкирский химический журнал. – 2017. – Т. 7. – № 2. – С. 47–50.

8 **Dubois, D.** The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems. – 2011. – Vol. 184. – P. 3–17.

9 **Orazbayev, B. B., Ospanov, E. A., Orazbayeva, K. N., Kurmangazieva, L. T.** A Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Condition // Mathematical Models and Computer Simulations. – 2018. – Vol. 10. – P. 748–758.

10 **Pavlov, S. Yu., Kulov, N. N., Kerimov, R. M.** Improvement of Chemical Engineering Processes Using Systems Analysis // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2016. – Vol. 53. – № 2. – P. 117–133.

11 **Гмурман, В. Е.** Теория вероятностей и математическая статистика: 12-е изд., перераб. – М. : Высшее образование, 2006. – 479 с.

12 **Zhao Zhi-Wen, Wang De-Hui.** Statistical inference for generalized random coefficient autoregressive model // Mathematical and Computer Modelling. – 2012. – Vol. 6. − P. 152−166.

13 **Sharikov, Yu. V., Petrov, P. A.** Universal model for catalytic reforming // Chemical and Petroleum Engineering. – 2013. – Vol. 43. – № 9. –P. 580–597.

14 **Рыжов, А. П.** Теория нечетких множеств и ее приложений. – М. : МГУ, 2017. – 115 с.

15 **Sabzi, H. Z.** Developing an intelligent expert system for streamflow prediction, integrated in a dynamic decision support system for managing multiple reservoirs: a case study // Expert systems with applications. – 2017. – Vol. 82. – № 3. – P. 145–163.

References

1 **Orazbayev, B., Kozhakhmetova, D., Wójtowicz, R., Krawczyk, J.** Modeling of a Catalytic Cracking in the Gasolin Production Installation with a

Fuzzy Environment. In Energies. – 2020. – 13, 4736. – P. 1–13. doi: 10.3390/en13184736 www.mdpi.com/journal/energies.

2 **Ahmetov, S. A.** Technologia glubokoi pererabotki nefti I gaza : Uchebnoe posobie dlia vuzov. [Technology of deep processing of oil and gas : A textbook for universities]. – Ufa : Gilem, 2002. – 672 p.

3 Technologicheskiy reglament ustanovki kataliticheskogo riforminga LG-35-11/300-95 [Technological regulations of the LH catalytic reforming unit-35-11/300-95]. – Atyrau, 2018. – 135 p.

4 **Kondrasheva, N. K., Kondrashev, D. O., Abdulminev, K. D.** Technologicheskie raschety I teoria kataliticheskogo riforminga bensina. [Technological calculations and theory of catalytic reforming of gasoline]. – Ufa : OOO «Monografiya», 2018. 2-ed. – 212 p.

5 **Smidovich, E. V.** Technologia pererabotki nefti i gasa. Kreking neftianogo syr'ia I pererabotka uglevodorodnych gasov. 4-isd., stereotip. [Technology of oil and gas processing. Cracking of crude oil and processing of hydrocarbon gases]. 4th ed., stereotype. – Moscow : Alliance ID, 2011. – P. 186–195.

6 **Adzamic, Z., Besic, S.** The impact of the catalytic reforming operation severity on cycle duration and product quality at the Rijeka oil refinery In Fuels and lubricants. – Vol. 42. – № 1. – 2013, – P. 83–87.

7 **Abdulminev, K. G., Ahmetov, A. F. Saifullin, N. R., Solovyev, A. S., Abdullahi, H. M.** Proisvodstvo aromaticheskich uglevodorodov i vysokooktanovych bensinov frakzionirovaniem katalisatov riforminga [Production of aromatic hydrocarbons and high-octane gasoline by fractionation of reforming catalysts]. In Bashkirskiy chimicheskiy jurnal. [Bashkir chemical journal]. – 2017. – Vol. 7. – No. 2. – P. 47–50.

8 **Dubois D.** The role of fuzzy sets indecision sciences : Old techniques and new directions. In Fuzzy Sets and Systems. – 2011. – Vol. 184. – P. 3–17.

9 **Orazbayev, B. B., Ospanov, E. A., Orazbayeva, K. N., Kurmangazieva, L. T.** A Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Condition In Mathematical Models and Computer Simulations. – 2018. – V. 10. – P. 748–758.

10 **Pavlov, S. Yu., Kulov, N. N., Kerimov, R. M.** Improvement of Chemical Engineering Processes Using Systems Analysis In Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2016. – V. 53. – № 2. – P. 117–133.

11 **Gmurman, B. E.** Teoria veroiatnostey i matematicheskaya statistika [Probability Theory and Mathematical Statistics]. 12th ed., reprint. – M. : Higher education, 2006. – 479 p.

12 **Zhao Zhi-Wen, Wang De-Hui.** Statistical inference for generalized random coefficient autoregressive model. In Mathematical and Computer Modelling. 2012. – Vol. 56. − P. 152−166.

13 **Sharikov, Yu. V., Petrov, P. A.** Universal model for catalytic reforming. In Chemical and Petroleum Engineering. – 2013. – Vol. 43. – № 9, – P. 580–597.

14 **Ryzhov, A. P.** Teoria nechetkich mnozhestv i ee prilozheniy. [Theory of fuzzy sets and its applications]. – Moscow : MSU, 2017. – 115 p.

15 **Sabzi, H. Z.** Developing an intelligent expert system for streamflow prediction, integrated in a dynamic decision support system for managing multiple reservoirs : a case study. In Expert systems with applications. – 2017. – Vol. 82. № 3. – P. 145–163.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Б. Б. Оразбаев[1], А. К. Жумадиллаева[2], К. Н. Оразбаева[3], Л. Т. Курмангазиева[4], Б. Е. Утенова[5]

Каталитикалық риформинг қондырғысының өзара байланысқан технологиялық агрегаттарының математикалық модельдерін құру әдістемесі

[1,2]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[3]Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[4]Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті,
Қазақстан Республикасы, Атырау қ.;
[5]С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті,
Қазақстан Республикасы, Атырау қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

B. Orazbayev[1], A. Zhumadillayeva[2], K. Orazbayeva[3], L. Kurmangaziyeva[4], B. Utenova[5]

Methodology for developing mathematical models of interconnected process units of a catalytic reforming plant

[1,2]L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[3]Kazakh University of Economics, Finance and International Trade,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[4]H. Dosmukhamedov Atyrau University,
Republic of Kazakhstan, Atyrau;
[5]S. Utebayev Atyrau University of Oil and Gas,
Republic of Kazakhstan, Atyrau.
Material received on 30.09.20.

Бастапқы ақпараттың жетіспеушілігі, айқынсыздығы кезінде технологиялық жүйенің өзара байланысқан нысандарының математикалық модельдерін құру мәселелері зерттеліп, оларды шешу тәсілдемесі ұсынылған. Технологиялық нысандардың математикалық модельдерін құруда бастақы ақпараттың анықсыздығы мен жетіспеушілігі мәселелерін шешу үшін айқын емес және қолжетерлік теориялық мәліметтер мен статистикалық деректерді пайдалану арқылы шешу әдістемесі ұсынылған. ЛГ қондырғысының өзара байланысқан технологиялық агрегаттарының математикалық модельдерін құру тәсілдемесі айқын емес және басқа да сипаттағы ақпараттарды пайдалануға мүмкіндік беретін жүйелік талдау және айқын емес жиындар тәсілдерін қолдануға негізделген. Тәсілдеме жүйедегі әр нысанға құрылуы тиімді болатын модель типін анықтап, құруға және құрылған модельдерді бір жүйеге біріктіру арқылы модельдер пакетін құруға мүмкіндік береді. Сондықтан алынған модельдер пакетін технологиялық қондырғы жұмысын жүйелі модельдеп, оның оптимальді жұмыс режимін анықтауда қолдануға болады. Жұмыс ҚР БҒМ гранттық қаржыландырылатын AP08855680 «Каталитикалық риформинг қондырғысы жұмыс режимдерін басқару үшін шешім қабылдаудың интеллектуалдандырылған жүйесі» жобасы аясында орындалған.

Кілтті сөздер: математикалық модель, каталитикалық риформинг қондырғысы, анық емес модель, лингвистикалық модель, сараптамалық бағалау, жүйелік талдау, шешім қабылдаушы.

The problems of the development of mathematical models of interconnected objects of the technological system with a shortage, indistinctness of the initial information are investigated and an approach to their solution is proposed. To solve the problem of uncertainty and lack of initial information for the development of mathematical models of technological objects, a method is proposed for constructing a system of mathematical models of objects using fuzzy information, as well as available theoretical and statistical data. The essence of the proposed methodology for the development of mathematical models of interconnected technological units of the LG plant is to use the methods of system analysis and theories of fuzzy sets, allowing the use of fuzzy information and other available data. The technique allows for each object to determine the most suitable type of model for it and create a package of models by combining the developed models of aggregates into a single system. Accordingly, the resulting package of models can systematically simulate the operation of a technological unit and determine the optimal operating mode. The work was carried out within the framework of the grant financing project of the MES RK AP08855680 «Intelligent decision support system for controlling the operating modes of the catalytic reforming unit».

Keywords: mathematical model, catalytic reforming unit, fuzzy model, linguistic model, expert assessment, system analysis, decision maker.

МРНТИ xx.xx.xx

https://doi.org/10.48081/AKQY8904

Н. Н. Оспанова[1], Е. Б. Шарипов[2]
[1]Торайгыров Университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;
[2]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОЙ ОЧЕРЕДИ И РЕГИСТРАЦИИ ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ

В статье рассказывается об основных вопросах и решениях системы электронной очереди и регистрации через интернет. Данный сервис подходит под основную концепцию государственной программы Республики Казахстан «Цифровой Казахстан 2020».

В статье описаны принципы веб-дизайна интерфейса, выбранные языки программирования, конкретные требования и критерии к выбору данным языкам программирования. Описаны основные функции и возможности сервиса, расписаны содержащие блоки, визуализирован основной интерфейс при помощи снимков экрана во время пользования сервисом на рисунках 1–4.

Описаны программные коды основных действий. Коды поясняются с помощью комментариев, которые так же присутствуют в самом программном коде. Представлен графический алгоритм занятия очереди в виде блок-схемы на рисунке 5.

Так же содержатся вывод и список используемой литературы в окончании статьи.

Ключевые слова: очередь, электронная, интернет, система, разработка, язык программирования, цифровые, информационные. технологии.

Введение

В современом мире все чаще и чаще возникает вопрос о цифровизации рабочих процессов. В связи с этим первым президентом Республики Казахстан Н. А. Назарбаевым была создана Государственная программа «Цифровой Казахстан» от 12 декабря 2017 года № 827. Целью данной программы является ускорение темпов развития экономики республики и улучшение качества жизни населения за счет использования цифровых

технологий в среднесрочной перспективе, а также создание условий для перехода экономики Казахстана на принципиально новую траекторию развития, обеспечивающую создание цифровой экономики будущего в долгосрочной перспективе [1]. Основываясь на статьях «Роль систем электронной очереди в современном обществе» [2] и «Реакция современного общества по внедрению системы электронной очереди и регистрации через интернет» [3], нами был разработан сервис «Система электронной очереди и регистрации через интернет».

Материалы и методы

В разработке сервиса были учтены принципы веб-дизайна интерфейса пользователя, такие как:

– изучение пользователей для создания UI дизайна веб-сайта, который будет работать так, как нужно;

– соблюдение визуальной иерархии, то есть размещение каждого элемента определенным образом для упрощения понимания;

– предоставление фидбека и защита пользователя от случайных действий.

Для выбора программных средств для разработки были отобраны следующие критерии выбора:

– возможность программирования в интернете;

– создание UI дизайна;

– возможность обновления страницы без перезагрузки;

– создание стилей интерфейса;

– возможность объединения и взаимодействия языков программирования и библиотек.

На основании данных критерий были выбраны такие языки программирования как «PHP» (Hypertext Preprocessor), JavaScript, различные системные библиотеки и языки разметки.

Сервис построен на принципах модульности, однократного ввода информации, разграничения прав и ответственностей. Интерфейсом для работы с сервисом является кабинет обслуживающего сотрудника, занятие очереди и отображение очереди на табло.

Кабинет обслуживающего сотрудника имеет следующие модули:

– авторизация;

– очередь;

– настройки.

Сервис электронной очереди состоит из трех блоков:

– занятие очереди пользователем;

– отображение номеров на табло в организации;

– отображение очереди в кабинете обслуживающих сотрудников.

Для занятия очереди в ВУЗе сначала пользователь выбирает язык: казахский или русский, затем появляется окно выбора услуги, а внутри услуги выбор направления (рисунок 1):

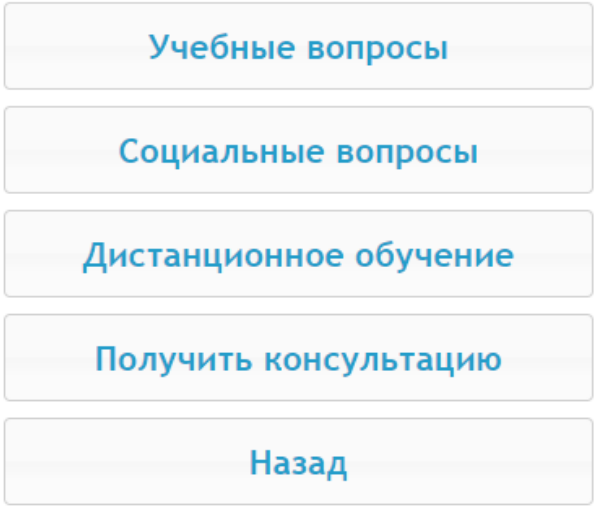


Рисунок 1 – Выбор нужной услуги

После выбора определенного направления услуги пользователю присваивается уникальный номер (рисунок 2), который хранится в базе данных и выходит сообщение:

```
if (isset($_GET['action']) && empty($error)) {
//получаем номер последнего талона на сегодня
$sql = «SELECT IF(COUNT(id)=0, 0, max(ticket)) as lastticket
FROM queue.preentry
WHERE DATE(tprint)=current_date
LIMIT 1»;
$res = $db->query($sql);
if (PEAR::isError($res)) {
die($res->getMessage() . __LINE__);
}
$row = $res->fetchRow();
$lastticket = $row['lastticket'];
// записываем в базу новый номер
$ins = $db->query(«
```



```
INSERT INTO queue.preentry (action_button, ticket, tprint)
VALUES (« . intval($_GET['action']) . «, « . ($lastticket + 1) . «, now())
«);
if (PEAR::isError($ins)) {
die($ins->getMessage() . __LINE__); // если не подключилось к базе
выдача ошибки}
```

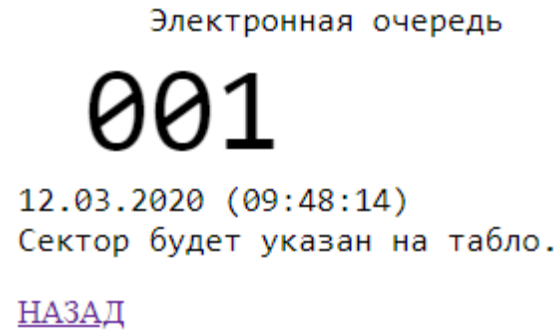


Рисунок 2 – Присвоение номера пользователю

На табло организации номера отображаются после того, как обслуживающий сотрудник нажмет «следующий номер из очереди» (рисунок 3). Отображение данных на табло производится по следующему запросу:

```
// генерация запроса
$subqery = array();
foreach ($sectors as $item) {
 $subqery[] = «(
 SELECT
 IF(LENGTH(pr.ticket)<=1,
 CONCAT('00', pr.ticket),
 IF(LENGTH(pr.ticket)<=2, CONCAT('0', pr.ticket), pr.ticket) //
формирование номерка
 )
 FROM queue.preentry pr
 WHERE pr.processed_tehsek=» . $item['tehsek'] . « AND DATE(pr.
active)=CURRENT_DATE AND pr.tchange IS NULL
 LIMIT 1) AS s» . $item['tehsek'];
} // формирование номера тех. секретаря
$sql = «SELECT « . implode(', ', $subqery);
```

```
if (isset($_POST['ajax']) && $_POST['ajax'] == 'callback') {
 ob_end_clean(); // очищаем буфер
 $sel = $db->query($sql);
 if (PEAR::isError($sel)) {
 die($sel->getMessage() . __LINE__); }
 if ($res = $sel->fetchRow()) {// формирование заголовка
 header('Content-Type: text/json');
 header(«Expires: Mon, 26 Jul 1997 05:00:00 GMT»);
 header(«Last-Modified: « . gmdate(«D, d M Y H:i:s») . « GMT»);
 header(«Cache-Control: no-cache, must-revalidate»);
 header(«Cache-Control: post-check=0,pre-check=0»);
 header(«Cache-Control: max-age=0»);
 header(«Pragma: no-cache»);
 echo json_encode($res);
 }
 exit;}
$row = $db->query($sql);
$res = $row->fetchRow();
// печать данных на табло
echo '<script type=»text/javascript» charset=»utf-8»>
 var sectors={
 1:0,
 2:0,
 3:0,
 4:0,
 5:0,
 6:0,
 7:0,
 8:0,
 9:0,
 };';

foreach ($sectors as $item) {
 echo 'sectors['. $item['tehsek']. ']='. (!empty($res['s'. $item['tehsek']]) ? intval($res['s'. $item['tehsek']]) : 0). ';';
}
echo '</script>';
echo '<table border=»0» width=»100%» cellpadding=»0» cellspacing=»0»>';
```



```
$cols = array_chunk($sectors, round(count($sectors) / 2));
$tableRows = array();
foreach ($cols as $rows) {
 foreach ($rows as $row => $item) {
  $name = (!empty($item['name']) ? $item['name'] : 'Сектор '. $item['tehsek']);
 $tableRows[$row][] = '<td class=»sector»>'. $name. ':</td>
 <td class=»nomer»>
// отображение номера возле соотв техсека
 <div id=»s_'. $item['tehsek']. '»>'. (!empty($res['s'. $item['tehsek']]) ? $res['s'. $item['tehsek']] : '000'). '</div>
 </td>';
 }}
foreach ($tableRows as $value) {
 if (count($value) < 2) {
 $value[] = '<td class=»bottom sector»> </td>
 <td class=»bottom nomer»> </td>';
 }
 echo '<tr>'. implode('', $value). '</tr>';
}
```

Рисунок 3 – Вызов номера из очереди

На рисунке 4 можно увидеть отображение номерков по секторам услуг:

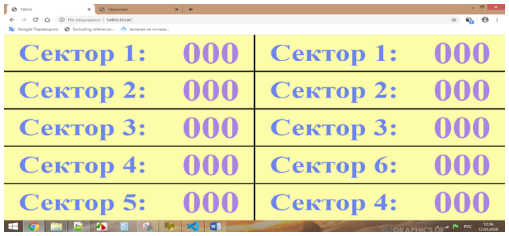


Рисунок 4 – Отображение на табло

Так же принцип действия представлен в виде графического алгоритма на рисунке 5 – Блок-схема алгоритма

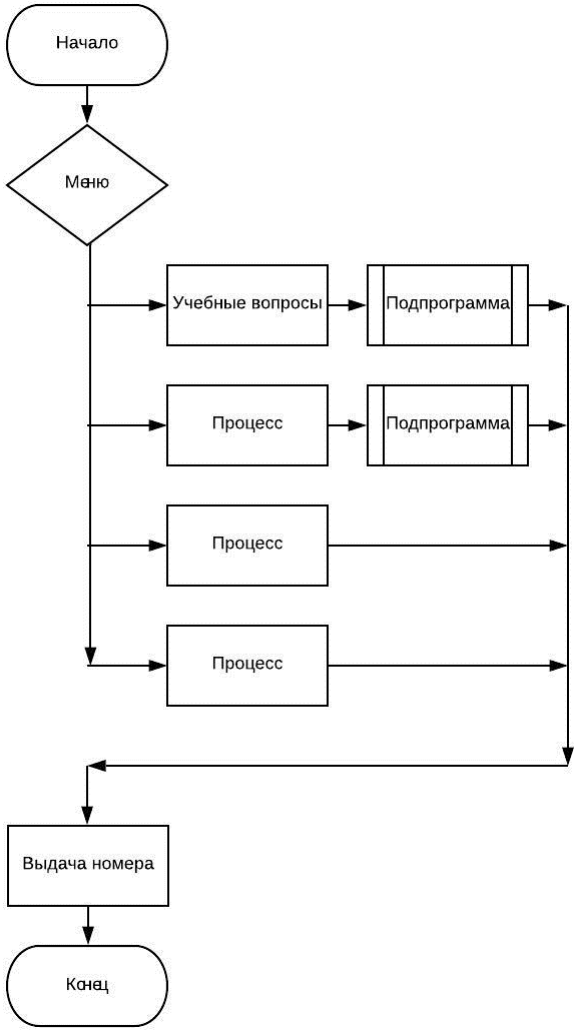


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма

Выводы

Таким образом, внедрение данного сервиса в уже налаженные рабочие процессы автоматизирует алгоритмы рабочих процессов. Это, в

свою очередь, упрощает и улучшает рабочие процессы, а также ускоряет процесс обслуживания. Также данная разработка полностью подходит под концепцию государственной программы «Цифровой Казахстан 2020».

Список использованных источников

1 Государственная программа «Цифровой Казахстан» от 12.12.2017 г. / Официальный сайт президента Республики Казахстан, [Электронный ресурс]. – https://www.akorda.kz/ru/official_documents/strategies_and_programs.

2 **Оспанова, Н. Н. Шарипов, Е. Б.** Роль систем электронной очереди в современном обществе / Международная научная конференция молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XIX Сатпаевские чтения» – Павлодар, 2019. – Т. 21. – С. 409–413.

3 **Оспанова, Н. Н. Шарипов, Е. Б.** Реакция современного общества по внедрению системы электронной очереди и регистрации через интернет / Международная научная конференция молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XX Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2020. – Т. 19. – С. 279–283.

References

1 Gosudarstvennaya programma «Cifrovoj Kazaxstan» ot 12.12.2017 g. [State program «Digital Kazakhstan» of 12.12.2017]. Official website of the President of the Republic of Kazakhstan, [Electronic resource]. – https://www.akorda.kz/ru/official_documents/strategies_and_programs.

2 **Ospanova, N. N. Sharipov, E. B.** Rol` sistem e`lektronnoj ocheredi v sovremennom obshhestve [The role of electronic queue systems in modern society] In International scientific conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XIX Satpayev Readings». – Pavlodar, 2019. – T. 21. – P. 409–413.

3 **Ospanova, N. N. Sharipov, E. B.** Reakciya sovremennogo obshhestva po vnedreniyu sistemy` e`lektronnoj ocheredi i registracii cherez internet [The reaction of modern society to the introduction of an electronic queue and registration system via the Internet] In International scientific conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XX Satpayev Readings». – Pavlodar, 2020. – T. 19. – P. 279–283.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Н. Н. Оспанова[1], Е. Б. Шарипов[2]

Электронды кезек жүйесі және интернет арқылы тіркелу

[1]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;
[2]С. Сейфулин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

N. N. Ospanova[1], E. B. Sharipov[2]

Electronic queue system and online registration

[1]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 30.09.20.

Мақалада интернет арқылы электрондық кезек пен тіркелудің негізгі сұрақтары туралы айтылған. Берілген сервис Қазақстан Республикасының «Цифрлі Қазақстан 2020» мемлекеттік бағдарламасының негізгі концепциясына сәйкес келеді.

Мақалада интерфейстің веб-дизайнының қағидаттары, таңдалған бағдарламалау тілдері, сонымен бірге бұл бағдарламалау тілдерін таңдаудың нақты талаптары мен критерийлері анықталған. Сервистің негізгі функциялары мен мүмкіндіктері анықталған, құрама блоктар сипатталған, 1–4 суреттеріндегі сервисті қолдану кезіндегі экран көрінісін бейнелеу арқылы негізгі интерфейс көрсетілген.

Негізгі әрекеттердің бағдарламалық кодтары сипатталған. Кодтар комментарийлердің көмегімен сипаттлаған. 5-суретте блок-схема ретінде кезек алудың графикалық алгоритмі келтірілген.

Сонымен бірге мақала соңында қорытынды мен пайдаланған әдебиеттер тізімі келтірілген.

Кілтті сөздер: Кезек, электрондық, интернет, жүйе, әзірлеме, бағдарламалау тілі, цифрлық, ақпараттық технологиялар.

The article describes the main issues and solutions of the electronic queuing system and registration via the Internet. This service fits the basic concept of the state program of the Republic of Kazakhstan «Digital Kazakhstan 2020».

The article describes the principles of web interface design, selected programming languages, specific requirements and selection criteria for these programming languages. The main functions and capabilities of the service are described, containing blocks are written, the main interface is visualized using screenshots while using the service in Figures 1–4.

The programme codes of the main actions are described. Codes are explained using comments, which are also present in the program code. A graphical algorithm for reserving a place in a queue in the form of a block-diagram is presented in Figure 5. It also contains a conclusion and a List of references at the end of the article.

Keywords: queue, electronic, digital, internet, system, development, programming languages, information technology.

МРНТИ 28.21.19

https://doi.org/10.48081/QHLX7713

А. Ж. Саринова
Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар

АЛГОРИТМЫ СЖАТИЯ С ПОТЕРЯМИ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Работа посвящена описанию разработки алгоритмов сжатия гиперспектральных аэрокосмических изображений на основе дискретных ортогональных преобразований с целью последующего сжатия в системах дистанционного зондирования Земли. В качестве алгоритмов сжатия, необходимого для сокращения объема передаваемой информации, предлагается использование разработанных методов сжатия на основе преобразований Уолша-Адамара и дискретно-косинусного преобразования. В работе рассмотрена методика разработки алгоритмов сжатия с потерями и высоким качеством при восстановлении, с учетом которой разработан адаптивный алгоритм для сжатия гиперспектральных АИ и сгенерированной таблицей квантования. Проведенные исследования показали, что предложенные алгоритмы с потерями имеют эффективность, достаточную для практического использования и могут быть применены при сжатии гиперспектральных данных ДЗЗ в условиях ограниченной емкости буферной памяти и пропускной способности канала связи.

Ключевые слова: гиперспектральные аэрокосмические изображения, алгоритм сжатия, дискретные преобразования, степень сжатия, дискретно-косинусное преобразование, Уолша-Адамара.

Введение

Гиперспектральные АИ ДЗЗ необходимы для мониторинга природных ресурсов и последствий чрезвычайных ситуаций и т.д. Гиперспектральные АИ поступают на наземные станции мониторинга ДЗЗ, занимая при этом

огромное дисковое пространство, требующее затраты на их хранение в памяти. В решении данной проблемы существуют различные направления исследования, в которых активно ведутся исследования в области разработки алгоритмов сжатия и архивации гиперспектральных АИ [1–11]. В связи с этим, в настоящее время разработка программных систем для сжатия с потерями данных является актуальной задачей исследования. Алгоритмы и способы сжатия с потерями данных охватывают широкий спектр, преимущественно имея высокие показатели степени сжатия в сравнении алгоритмов без потерь [13–14]. Среди них наиболее распространенными являются ортогональные и вейвлет-преобразования, алгоритм сжатия JPEG.

Большой интерес исследователи проявляют к методам сжатия АИ с потерями, которые дают более высокие результаты в эффективности степени сжатия, применение ортогональных преобразований: дискретно-косинусного преобразования (ДКП), дискретное вейвлет-преобразрване (ДВП), SPIHT, прогнозирование (предсказание), *JPEG, JPEG2000* и энтропийное кодирование.

Популярность использования и применения вейвлетов в области обработки изображений возросла после введения французским математиком С. Маллатом концепции кратномасштабного анализа [1–3]. Учёные США И. Добеши и С. Маллат показали, что практическое выполнение вейвлет-преобразований осуществляется посредством двухполосного банка фильтров, известного в теории субполосного кодирования (поддиапазонные преобразования) [2–3]. На основе теории вейвлетов, разработанных Хааром создано семейство вейвлетов Добеши.

К примеру группа исследователей *Emmanuel, Sujithra, Manickam, Sudheer* считают, что вейвлет-преобразование [6, 7] является одной из актуальных тенденций в новых алгоритмах сжатия для гиперспектральных АИ. Применение вейвлетов обеспечивает сжатый битовый поток, который позволяет достичь сжатие без потери качества с минимальными потерями информации. Преимущество обеспечивается, благодаря использованию сжатия энтропийного кодирования. Недостатками являютя: низкая производительность сжатия с потерями; увеличение сложности алгоритма с точки зрения необходимой оперативной памяти; относительно низкое качество при промежуточных вейвлет преобразованиях.

В обработке сигналов и изображений используется алгоритм быстрого преобразования Уолша-Адамара, основанного на системе функций и их свойств.

Учёными *Sujithra* и др. [6] исследовано сжатие гиперспектральных АИ, использующего ДВП и Уолша-Адамара преобразование (УАП). Предлагается гибридная технология, называемая Уолш вейвлет-преобразованием, состоящая из четырех этапов. На первом этапе применяются два

уровня ДВП, на втором этапе применяются 2D-УАП на каждом блоке низкочастотного диапазона (*N*=4). На третьем этапе нахождение значений от трансформированных изображений каждого диапазона, затем на 4-ом этапе они сжимаются арифметическим кодированием. Данная технология обеспечивает коэффициент сжатия – 1,8.

Индийские исследователи *Keerthana, Poonam, Ramesh* применили анализ главных компонент (PCA) к сжатию гиперспектральных АИ [8–10]. Использовался метод гибридного сжатия (ДВП-ТД), который являлся эффективным, поскольку он обеспечивал подробную информацию о спектральных диапазонах изображения. ДВП-ТД с использованием «глобальной» кодировки достигает более высокого значения «пикового отношения сигнала к шуму» (*PSNR*), меньшее время выполнения и высокий коэффициент сжатия – 8,0. Основным недостатком является то, что ковариационная матрица PCA, которая используется для декорреляции среди частотных полос, уже должна быть рассчитана, и, следовательно, зависит от данных. Поэтому, требуется снижение вычислительной нагрузки предлагаемого метода.

Ученые *Cheng* и *Dill* улучшили алгоритм EZW Шапиро [14]. Гибридные преобразования заключаются в том, что Karhunen-Loève Transform (KLT), которые декодируют спектральные данные гипер-перспектрального АИ, а ДВП применяется к пространственным данным. Предлагаемое сжатие изображения имеет степень сжатия – 7,9. Недостатки: вейвлет коэффициенты могут быть отсканированы раньше, чем другие в подканалах низкого уровня; основой кодера является алгоритм *EZW* Шапиро, кодирующий остаточные значения и реализущий только доминирующий блок; алгоритм усложнен вычислительной эффективностью.

Алгоритм *SPIHT* основанный на вейвлетах Хаара и Добеши используется в обработке сжатия цифровых и гиперспектральных АИ. К преимуществам алгоритма *SPIHT* относятся возможность выбора степени сжатия в широких пределах – от 4 до 0,1 бит/пиксел; отсутствие блочности изображения при высоких степенях сжатия; в случае, если часть данных теряется, возможно восстановление всего изображения (с худшим качеством). К недостаткам данного алгоритма следует отнести относительную сложность реализации, неустойчивость к сбоям. Информация, переданная до сбоя, позволяет восстановить все изображение с худшим качеством, но информация после сбоя не может быть использована.

Исследователями *Ouahioune, Dubey* [12] предложено сжатие гиперспектральных АИ с использованием 3D *SPIHT* алгоритма. На первом этапе применяется *3D ДВП,* на втором этапе кодируется *3D-SPIHT* алгоритмом, где есть значимая корреляции между различными диапазонами

каналов. После декомпрессии изображения оцениваются с помощью PSNR алгоритма. Основа сжатия ДКП и *SPIHT* обеспечивает высокую степень сжатия. Недостаток: алгоритм может быть реализован для любого размера изображения, размер изображения пропорционально увеличивает время необходимое для сжатия и восстановления изображения, что повышает вычислительную сложность алгоритма.

Одним из популярных графических форматов, предназначенных для сжатия изображений является алгоритм *JPEG*, опубликованный в 1991 г., позволяющий сжимать изображения с потерями и без потерь. Рассмотрим алгоритм работы простейшего кодера *JPEG* с потерями, процесс которого состоит из следующих этапов:

Преодобработка – предварительная обработка изображения, приводящая его к удобному для последующего кодирования представлению.

2 ДКП используется кодером *JPEG* для преобразования изображения от его пространственного представления к спектральному. Важным шагом в алгоритме *JPEG* является ДКП, представляющееся собой разновидность преобразования *Фурье* [3].

3 Квантование – этап, при котором происходит основная потеря информации за счет округления несущественных, высокочастотных ДКП-коэффициентов.

4 Сжатие – это кодирование полученных данных энтропийными алгоритмами (арифметическое кодирование, алгоритм Хаффмана и др.).

В данном обзоре были представлены имеющиеся разработки отдельных разработок и специализированных программных систем для сжатия гиперспектральных АИ с потерями, обозначены их достоинства и недостатки. Данный анализ позволяет определить проблему исследования в области построения эффективных алгоритмов сжатия для решения задачи сжатия и применения в обработке гиперспектральных АИ.

Целью статьи являлся поиск и разработка наиболее эффективного способа сжатия гиперспектральных АИ с потерями на основе дискретных преобразований с точки зрения компромисса между скоростью работы и качества результата восстановленных изображений.

Материалы и методы

1 Этапы алгоритма сжатия:

Разработаны алгоритмы обработки гиперспектральных АИ с потерями на основе дискретных преобразований. Последовательность этапов следующая.

– исследование эффективности преобразования структуры данных на основе исходного гиперспектрального АИ, значения коэффициентов, на основе Уолша-Адамара трех уровней;

– исследование эффективности оригинального преобразование структуры данных на основе исходного гиперспектрального АИ, хранящей значения коэффициентов, на основе дискретно-косинусного преобразования с генерированной таблицей квантования;

– использование стандартных критериев качества восстановленных изображений;

– экспериментальное исследование алгоритмов преобразования по степени сжатия и качеству восстановленных данных.

Рассмотрим этапы исследования и алгоритмов подробнее.

1.1 Преобразование Уолша – Адамара

Для пошагового описания преобразования необходимо ввести в рассмотрение следующие объекты:

– исходное изображение – матрица значений изображения **I***[m,n,k],* где *m,n,k* – индексы строк, столбцов и каналов исходного изображения, *m* = 1,2,…,*M, n* = 1,2,…,*N, k* = 1,2,…,*K*;

– преобразование *WHT* – это фильтры, разделяющих изображениие на низкочастотную и высокочастотную составляющие (чтобы получить исходное изображение, нужно снова объединить составляющие);

– СК – спектральная компонента матрицы **I***[m, n, k]*.

Рассмотрим пример преобразования Уолша-Адамара (*WHT*) для фрагмента гиперспектрального АИ.

Пусть фрагмент АИ представляет матрицу, состоящую из *m* строк, *n* столбцов и *k* каналов: **I***[m, n, k]* = **I**[10, 10, 10].

Прямое преобразование WHT представлено в матричной форме H_{wt2}, взят фрагмент АИ (123, 105, 121, 103, 118, 100, 123, 123, 122, 104), т.е. $H_{wt2} \bullet I[m,n,k] = H_{wt2}'[CK]$.

В результате после такого преобразования получим коэффициенты низкочастотной и высокочастотной составляющих СК = 114, 9, 112, 9, 114, 9, 123, 0, 123, 9. В процессе квантования высокочастотные коэффициенты (близкие к нулю и отрицательные значения) округляются до нуля.

Следует отметить, что матрицы уровней H_{wt4} и H_{wt8} вычисляются аналогично как и H_{wt2}.

На этапе восстановления исходных каналов изображения происходит декодирование СК. $H_{wt2}^T \bullet H_{wt2}'[CK] = I[m,n,k]$, где H_{wt2}^T – обратное преобразование вейвлета WHT, $H_{wt2}'[CK]$ – спектральная компонента.

Преимущество преобразования Уолша-Адамара: повышенная способность выявлять низкочастотные составляющие за счет разделения областей каналов гиперспектрального АИ на подуровни и сгенерированного коэффициента квантования.

1.2 Дискретно-косинусное преобразование с генерацией таблиц квантования

ДКП представляет собой преобразование, линейная комбинация которого состоит из известных базисных векторов, взвешенных с n коэффициентами, приводящие к исходному вектору [2].

На основе ДКП преобразуем матрицу гиперспектральных АИ в матрицу частотных коэффициентов соответствующего размера по формулам [2].

$$DCT(i,j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j)$$

$$\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(I[m,n,k]) \cos\left[\frac{(2\times(I[m,n,k])+1)i\pi}{2N}\right] \cos$$

$$\left[\frac{(2\times(I[m,n,k])+1)j\pi}{2N}\right]$$

$$f(I[m,n,k]) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1} C(i)C(j)DCT(i,j)$$

$$\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1} DCT(i,j) \cos\left[\frac{(2\times I[m,n,k]+1)i\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2\times I[m,n,k]+1)j\pi}{2N}\right]$$

$$C(I[m,n,k]) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & I[m,n,k]=0 \\ 1, & I[m,n,k]>0 \end{cases}$$

Рассмотрим пошагово преобразование каналов гиперспектральных АИ с помощью ДКП.

На первом шаге в результате преобразования ДКП построили два фильтра – высокочастотный и низкочастотный.

Для низкочастотного и высокочастотного фильтров введём некоторые обозначения:

– DC – оператор для низкочастотного фильтра;

– AC – оператор для высокочастотного фильтра.

После преобразования ДКП фрагмент гиперспектральных АИ имеет следующие значения, (рис. 1):

40008	204	708	-320	268	-139	-51	51
799	-176	654	-84	60	89	-57	114
188	-64	-79	102	-64	137	-55	26
326	29	157	-119	-47	79	-56	-1
97	-94	173	25	44	129	-26	-63
33	128	-9	118	-91	14	-96	-12
-207	41	-198	118	-28	34	1	-18
13	-1	-3	-14	-2	-35	-20	-11

Рисунок 1 – Полученные коэффициенты после преобразования ДКП

Можно заметить из рис.1, что высокие значения коэффициентов преобразования сосредоточены в верхнем левом углу и лишь небольшое количество низкочастотных коэффициентов преобладают над остальными. Это позволяет уменьшить значения на следующих этапах сжатия.

Вторым шагом является процесс генерации таблиц квантования. Квантование выполняем таким образом:

1 Из всех значений файла рассчитывалось среднее арифметическое I_{sr}.

2 Для выбора числового показателя квантования Quant подсчитывалось число для квантования, $Quant = quantValue \times \mathbf{I}_{sr}/100$. Например, числовой показатель квантования: $\mathbf{I}_{sr} * 95\,\% = 285 = Quant$. При этом коэффициенты DC остаются в начальных значениях. Для каждого канала гиперспектрального АИ генерируется своя таблица квантования.

Для вышеприведенного фрагмента гиперспектральных АИ показана матрица после квантования, (рис.2). Процесс квантования является ключевым в процессе сжатия, преимущество представления в частотной области заключается в визуальном качестве восстановленных изображений. В результате после квантования большинство коэффициентов равны нулю.

40008	0	708	-320	268	0	0	0
799	0	654	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
326	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 2 – Сгенерированная таблица квантования после ДКП

В результате большая часть нулей будет помещена в конец потока сжатия данных. Этот поток со множеством последовательных нулей в конце блока оптимизирован для достижения высокого сжатия в энтропийном кодировании адаптивного алгоритма Хаффмана.

Для определения эффективности предлагаемого алгоритма проведен ряд экспериментов на гиперспектральных АИ (ДЗЗ Aviris). Также выполнено сравнение предложенного алгоритма с результатами экспериментов, полученных для универсальных алгоритмов сжатия архиваторов *WinRar, WinZip* и компрессора *Lossles JPEG 2000,* использующего расширение стандарта сжатия JPEG, широко применяемого в коммерческих системах обработки данных ДЗЗ.

Результаты и обсуждения

Показатели степеней сжатия в разрезе геометрического размера *(R)* каналов ортогональных преобразований Уолша –Адамара, ДКП и JPEG 2000 *Lossy* представлены на рис. 3. Показано, что ДКП преобладает над преобразованием Уолша-Адамара и JPEG *Lossy* в степени сжатия при высоком качестве восстановленных изображений. Как видно из рис.3, показатели степеней сжатия ДКП с потерями превосходят в степени сжатия преобразования Уолша-Адамара и компрессора *JPEGLossy*.

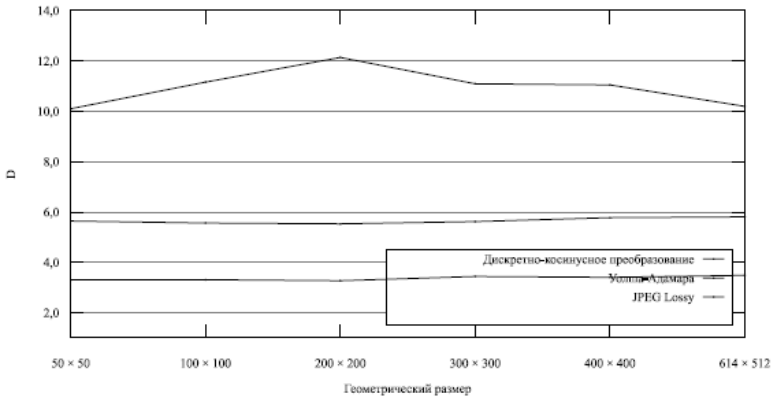


Рисунок 3 – Алгоритмы сжатия R от D

На следующем рис. 4 показаны преобразования при различном уровнем потерь в %, из которого видно, что при увеличении коэффициента квантования степень сжатия возрастает. Алгоритмы преобразований по степени сжатия *D* и уровнем потерь *P*, при *K* = 100.

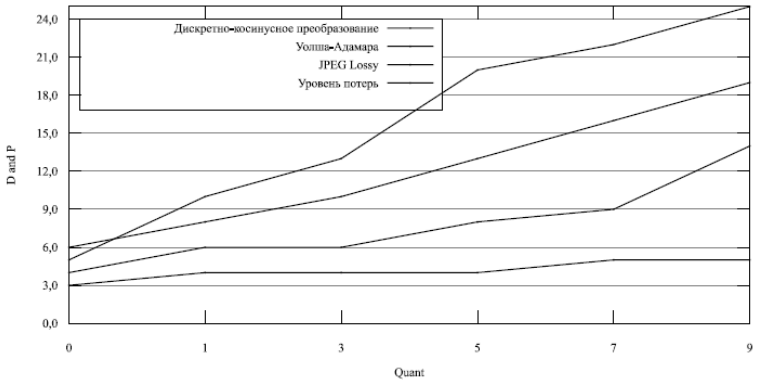


Рисунок 4 – Зависимости Quant от D, P

Показатели метрик качества восстановленных изображений были определены с помощью *PSNR* и *SKO*. Степень искажения сравнивает соотношение между сжатием и искажением в алгоритмах с потерями. Оценка определяется как среднее значение числа бит, необходимого для представления каждого пиксела. Измеряется в битах на пиксел (bpp – bits per pixel). Искажение обычно измеряется с помощью *PSNR.* На рис. 5 приведена зависимость PSNR от степени сжатия *D*.

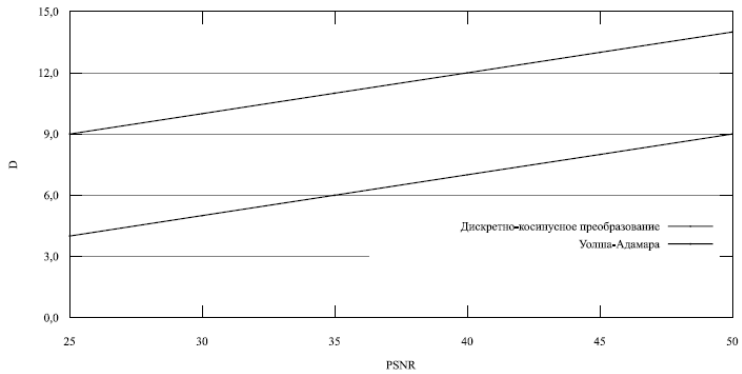


Рисунок 5 – Зависимость PSNR от D

Выводы

На основании вышеизложенных результатов эксперимента сжатия на основе ортогональных и вейвлет-преобразований гиперспектральных АИ с потерями можно сделать вывод о том, что разработанное математическое

и программное обеспечение сжатия, в некоторой степени занимает лидирующие позиции по степени сжатия и качеству восстановленных изображений в зависимости от выбранной подготовительной обработки, значительно демонстрирует и превосходит аналоги на всех тестовых наборах.

На основе проведенных исследований следует сделать следующие выводы:

– разработка алгоритмов на основе дискретных преобразований позволяет повысить степень сжатия до (R=12);

– предлагаемый подход с потерями определяется в адаптивных преобразованиях, основанных на преобразовании Уолша-Адамара, дискретно-косинусного преобразования и сгенерированной таблицы квантования и последующего адаптивного кодирования;

– полученные результаты сравнения преобразованных гиперспектральных АИ с помощью полученных коэффициентов позволяют предположить эффективность применения данных исследований с адаптивным кодированием Хаффмана.

– сравнение критериев качества с помощью стандартных метрик качества позволяют отметить, что гипеспектральные АИ восстановлены с высоким качеством и минимальными потерями.

Список использованных источников

1 **Гонсалес, Р., Вудс, Р.** Цифровая обработка изображений. – М. : Техносфера, 2008. – 122 с.

2 **Сэломон, Д.** Сжатие данных, изображений и звука. – М. : Техносфера, 2004. – 368 с.

3 **Уэлстид, С.** Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии: Учебное пособ. – М. : Издательство Триумф, 2003. – 368 с.

4 **Штарк, Г.-Г.** Применение вейвлетов для ЦОС. – М. : Техносфера, 2007. – С. 165–177.

5 **Яне, Б.** Цифровая обработка изображений / Пер. с англ. – М. : Техносфера, 2007. – 584 с.

6 **Sujithra, D. S., T. Manickam, D. S.** Sudheer. Compression of hyperspectral image using discrete wavelet transform and walsh hadamard transform // International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering. – 2013. – Vol. 2(3). – 314–319 p.

7 **Emmanuel, C.** Hyperspectral Data Compression Tradeoff. Optical Remote Sensing, Augmented Vision and Reality, 3. – DOI: 10.1007/978-3-642-14212-3_2. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. – P. 9–29.

8 **Keerthana, P., A. Sivasankar.** The impact of lossy compression on hyperspectral data adaptive spectral unmixing and PCA classification // International Journal of Science and Modern Engineering. – 2013. – Vol.1(7). – 35–37 p.

9 **Ramesh, S. M., P. Bharat, J. Anand, J.** AnbuSelvan. Analysis of Lossy Hyperspectral Image Compression Techniques // International Journal of Computer Science and Mobile Computing. – 2014. – Vol.3(2). – 302–307 p.

10 **Poonam and R. S. Chauhan.** Compression and Classification of Hyperspectral Images using an Algorithm based on DWT and NTD // Advance in Electronic and Electric Engineering. – 2013. – Vol.3(4). – 447–456 p.

11 **Kai-Jen Cheng, Jeffrey C. Dill.** An Improved EZW Hyperspectral Image Compression. School of Electrical Engineering and Computer Science, Ohio University, Athens, USA // Journal of Computer and Communications. – 2014. – 2, 31–36.

12 **Ouahioune, M., Akrour, L., Lahdir, M., Ameur, S..** Aviris Hyperspectral Images Compression Using 3d Spiht Algorithm // IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). – e-ISSN: 2250-3021. – p-ISSN: 2278-8719, [Electronic resource]. – www.iosrjen.org. – Vol. 2. – Issue 10 (October 2012). – P. 31–36.

13 **Dubey, V., Dubey, R.** A new Set Partitioning in Hierarchical (SPIHT) Algorithm and Analysis with Wavelet Filters // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). – ISSN: 2278-3075. – Vol.3. – Issue 3. – August 2013.

14 **Саринова, А. Ж., Исин, М. Е.** Кодирование и декодирование гиперспектральных аэрокосмических изображений с применением вейвлет–преобразований // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2016. – № 4. – С. 67–73.

References

1 **Gonsales, R., Vuds, R.** Cifrovaya obrabotka izobrazhenij [Gonzalez R., Woods R. Digital image processing]. – M. : Tekhnosfera. – 2009. – p. 122.

2 **Selomon, D.** Szhatie dannyh, izobrazhenij i zvuka [Salomon D. Compression of data, images and sound.] Moskva : Tekhnosfera. 2004. – p. 368.

3 **SHtark, G.-G.** Primenenie vejvletov dlya COS [Stark G.-G. The use of wavelets for DSP]. – M. : Tekhnosfera. – 2007. – p. 165–177.

4 **Uelstid, S.** Fraktaly i vejvlety dlya szhatiya izobrazhenij v dejstvii [Welsteed S. Fractals and wavelets for image compression in action.]. Uchebnoe posob. – M. : Izdatel'stvo: Triumf. 2003. – p. 368.

5 **Yane, B.** Cifrovaya obrabotka izobrazhenij [Yane B. Digital image processing]. Per. s angl. M. : Tekhnosfera. – 2007. – p. 584.

6 **Sujithra D. S., T. Manickam, D. S.** Sudheer. Compression of hyperspectral image using discrete wavelet transform and walsh hadamard transform. In International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering. – 2013. – Vol. 2(3). – 314–319 p.

7 **Emmanuel, C.** Hyperspectral Data Compression Tradeoff. Optical Remote Sensing, Augmented Vision and Reality, 3. – DOI: 10.1007/978-3-642-14212-3_2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. – P. 9–29.

8 **Keerthana, P., A. Sivasankar.** The impact of lossy compression on hyperspectral data adaptive spectral unmixing and PCA classification. In International Journal of Science and Modern Engineering, – 2013. – Vol.1(7). – 35–37 p.

9 **Ramesh, S. M., P. Bharat, J. Anand, J.** AnbuSelvan. Analysis of Lossy Hyperspectral Image Compression Techniques. In International Journal of Computer Science and Mobile Computing, – 2014. – Vol.3(2). – 302–307 p.

10 **Poonam and R.S. Chauhan.** Compression and Classification of Hyperspectral Images using an Algorithm based on DWT and NTD. Advance in Electronic and Electric Engineering. Vol.3(4). 447-456 pp. 2013.

11 **Kai-Jen, Cheng, Jeffrey, C. Dill.** An Improved EZW Hyperspectral Image Compression. School of Electrical Engineering and Computer Science, Ohio University, Athens, USA. Journal of Computer and Communications. – 2014. – 2, 31–36.

12 **Ouahioune, M., Akrour, L., Lahdir, M., Ameur, S.** Aviris Hyperspectral Images Compression Using 3d Spiht Algorithm. In IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) – e-ISSN: 2250-3021. – p-ISSN: 2278-8719, [Electronic resource]. – www.iosrjen.org. Vol. 2, Issue 10 (October 2012), – P. 31–36.

13 **Dubey, V., Dubey, R.** A new Set Partitioning in Hierarchical (SPIHT) Algorithm and Analysis with Wavelet Filters. In International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) – ISSN: 2278-3075, Vol. 3. – Issue 3. – August 2013.

14 **Sarinova, A. Zh., Isin, M. E.** Kodirovanie i dekodirovanie giperspektral'nyh aerokosmicheskih izobrazhenij s primeneniem vejvlet– preobrazovanij [Encoding and decoding hyperspectral aerospace images using wavelet transforms]. In Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie. – 2016. – № 4. – P. 67–73.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

А. Ж. Саринова

Дискретті ортогональды түрлендірулерге негізделген гиперспектралды кескіндерді жоғалтумен сығымдау алгоритмдері

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

Zh. Sarinova

Lossy compression algorithms for hyperspectral images based on discrete orthogonal transformations

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 30.09.20.

Жұмыс Жерді қашықтықтан зондтау жүйелерінде кейіннен сығу мақсатында дискретті ортогональды түрлендірулерге негізделген Гиперспектралды аэрогарыштық кескіндерді сығу алгоритмдерін жасауды сипаттауға арналған. Берілетін ақпарат көлемін азайту үшін қажетті сығымдау алгоритмдері ретінде Уолш-Хадамард түрлендірулері мен дискретті-косинус түрлендірулеріне негізделген сығымдау әдістерін қолдану ұсынылады. Жұмыста гипер-спектрлік АИ-ны сығуға арналған адаптивті алгоритм және құрылған кванттау кестесі жасалған, қалпына келтіру кезінде жоғары сапалы және жоғары сапалы сығымдау алгоритмдерін жасау әдістемесі қарастырылған. Жүргізілген зерттеулер шығындармен ұсынылған алгоритмдердің практикалық пайдалану үшін жеткілікті тиімділікке ие екендігін және буферлік жадтың шектеулі сыйымдылығы және байланыс арнасының өткізу қабілеті жағдайында ЖҚЗ гиперспектральді деректерін сығу кезінде қолданылуы мүмкін екендігін көрсетті.

Кілтті сөздер: гиперспектральды аэрогарыштық кескіндер, сығымдау алгоритмі, дискретті түрлендіру, қысу коэффициенті, дискретті косинус түрлендіруі, Уолш-Адамара.

This paper describes the development of algorithms for compressing hyperspectral aerospace images based on discrete orthogonal transformations for subsequent compression in remote sensing Systems. The developed compression methods based on Walsh-Hadamard transformations and discrete-cosine transformation are proposed as compression algorithms necessary for reducing the amount of transmitted information. In this paper, we consider a technique for developing lossy and high-quality compression algorithms for recovery, which is used to develop an adaptive algorithm for compressing hyperspectral AI and the generated quantization table. Studies have shown that the proposed lossy algorithms are effective enough for practical use and can be applied when compressing hyperspectral remote sensing data in conditions of limited buffer memory capacity and communication channel bandwidth.

Keywords: hyperspectral aerospace images, compression algorithm, discrete transformations, compression ratio, discrete-cosine transformation, Walsh-Hadamard.

МРНТИ 004.414.22

https://doi.org/10.48081/TTEG9218

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

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

В статье описана разработанная автоматизированная система для управления работой образовательного центра. Перечислены основные возможности, которые предлагает система, а именно: общение с клиентами в любом месте и в любое время с помощью виджета на сайте, мессенджера, e-mail, в мобильном приложении; омниканальность; аналитика всех действий по всем параметрам; база знаний заранее подготовленных ответов на часто интересующие клиентов вопросы; интеллектуальный ассистент. Приведено основное программное обеспечение, используемое для ее разработки. Описаны модули, из которых состоит система: модуль «База знаний», модуль «Служба поддержки», модуль «Управление», модуль «Аналитика». Кроме этого описаны чат-бот помощник для клиентов, чат-бот ассистент для разработчика, чат-бот помощник для команды. На данный момент чат-боты реализован в таких мессенджерах как: Telegram, ВКонтакте, Facebook, Twitter, Viber и стандартный виджет на сайте. Приведены результаты работы системы в виде отчетов и графиков. Система поддерживает возможность переключения на онлайн обучение, для этого в платформе осуществлена текстовая, аудио и видео связь в качестве диалога между двумя участниками с разных сторон.

Ключевые слова: автоматизированная система, образовательный центр, CRM система, омниканальность, кроссплатформенность, менеджмент, производительность, онлайн обучение, совместная работа.

Введение

Общая численность населения Казахстана по данным комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстана

7 апреля 2019 года составляет 18 451 818 человек [1]. С каждым годом эта цифра растёт и потребность населения в качественном образовании тоже растёт, соответственно. С такой динамикой, впервые в истории человечества, конкуренция между учащимися стала гораздо выше, чем когда-либо. Самообразование с приходом глобального Интернета стало нормой. Следствием этого процесса является то, что люди стали больше инвестировать в себя, получая дополнительные знания, изучая новые языки и сферы деятельности. Во время большой конкуренции между учащимися, родители стали больше вкладывать в образование своего ребенка и прогресс начал двигать рынок репетиторов и организаций, которые обучают любого желающего вне школьной программы или работы, вне зависимости от основной жизнедеятельности. Организациями и учреждениями, которые дают возможность получать эти дополнительные знания, являются образовательные центры или же учебные центры.

В настоящее время количество образовательных учреждений (образовательных центов, мини-центов, образовательных порталов) растёт с каждым днём, несмотря на численность и качество жизни населения. Однако, большинство открывшихся центров имеют короткий срок жизни и останавливают деятельность, не успевая достаточно реализовать желаемое. Быстрая динамика количества организаций, которые каждый день открываются и закрываются дополнительно усложняет процесс. Почему же малый и средний бизнес, которые ориентированы на образовательную систему стали популярными на сегодняшнее время, почему многие из них зациклились в своем жизненном цикле и если один закрывается, то приходит другой на его место, который повторит путь предыдущего, кто проверяет качество работы наемных учителей, насколько важно родителям качество образования, которые получают их дети? Ответы на вопросы лежат на поверхности и одна из самых главных проблем: управленцами учебных центров являются бывшие или текущие преподаватели из средних школ, у которых нет опыта в ведении бизнеса и управлении персоналом, навыка общения с клиентами, интеграции с современными онлайн/офлайн инструментами, поэтому для обычного человека, который хочет начать свой бизнес в виде учебного центра, нужны готовые решения. Поэтому данная проблема подталкивает на создание проекта, который не будет требовать от пользователя сложных взаимодействий и будет иметь дружелюбный интерфейс с многочисленными инструментами для ведения бизнеса, который создаст комфортные условия для жизнедеятельности образовательных центров, ориентируясь на современные бизнес модели.

Решением обозначенной проблемы является автоматизация управления образовательным центром и контроль над взаимоотношениями участвующих

лиц. Применение стратегического подхода Customer Relationship Management (CRM) [3] и оптимизация существующих систем посредством современных технологий, доступных в открытом доступе, помогут повысить удовлетворённость и лояльность клиента, а также неизбежно повлияет на производительность и доход противоположной стороны. Между прочим, доказанные временем методы управления работой, реализующие принцип «точно в срок» и способствующие равномерному делегированию нагрузки между работниками системы внедрены в базовый концепт проекта, что дает прозрачность работы для всех членов команды.

Материалы и методы

Сегодня мы видим, как мир адаптируется под правила и рамки, которые возникли из-за сложившейся ситуации во всем мире из-за пандемии. Абсолютно все бизнес процессы проходят стадию переосмысления и ищут новые способы ведения бизнес деятельности.

Поэтому, в статье [2] авторами были проанализированы существующие системы управления образовательными центрами, рассмотрена концепция будущей системы управления, вопросы архитектуры, дизайна, бизнес-логики и актуальности разработки.

Разработанная система является омниканальной [3] платформой для предоставления технической службы поддержки клиентам. Проект собрал в себе все современные подходы для менеджмента взаимодействия с клиентами и работы в командном режиме. Для разработки единого окна для пользователей разных типов был подобран самый универсальный вариант, который не требует дополнительных установок и надстроек перед использованием.

Основные возможности, которые предлагает система:

1 Общение с клиентами где им удобно. С помощью виджета на сайте, мессенджера, e-mail, в мобильном приложении.

2 Омниканальность. Сообщения из всех источников клиента собираются в единый чат для оператора. Оператор будет инициализирован в случае сложных вопросов, на которые автоматизированный чат-бот ассистент не сможет ответить. Интегрирован с популярными средствами связи.

3 Аналитика всех действий по всем параметрам. Отслеживание взаимодействия клиента с чат-ботом или оператором. Работа менеджеров внутри системы.

4 База знаний заранее подготовленных ответов.

5 Интеллектуальный ассистент. Позволяет освободить оператора от необходимости отвечать на базовые вопросы и брать информацию у клиента с помощью форм-сценариев.

Кроссплатформенность дает возможность реализовывать внутри широкий ассортимент подинструментов для работы в командном режиме и решать задачи с разных устройств. Поэтому для основного инструмента было подобрано веб-приложение с бэкендом, написанное на языке программирования Python, а для фронтенда использовался JavaScript фреймворк Vue.js [4] с UI тулкитом Element. Python не только обеспечивает быструю разработку, но и гарантирует быструю отдачу по сравнению с остальными языками программирования.

В качестве веб-сервера использовался веб-фреймворк Sanic [5], созданный для работы с асинхронными запросами, который не блокирует код и функционирует с большой скоростью. В дополнение к вышесказанному, Sanic позволил создать архитектуру HTTP запросов с помощью RESTful API [6] для передачи данных между основным сервером и его клиентами. Из важных в стеке технологий стоит упомянуть Redis [7] для хранения данных во внутренней памяти и RabbitMQ [8] для обмена сообщениями внутри системы. Для хранения данных в локальной базе используется реляционный тип базы данных, PostgreSQL [9].

Программное обеспечение разделено на отдельные сервисы операционной системы Ubuntu, если точнее – есть главный сервис и зависимые сервисы от главного сервиса. Почти все сервисы имеют доступ к базе данных и кэшу. Общение между сервисами построено с помощью брокера сообщений с помощью разных каналов. В главном сервисе запущены чат-бот помощник для клиентов, чат-бот ассистент для разработчика, чат-бот помощник для команды. На данный момент чат-боты реализованы в таких мессенджерах как: Telegram, ВКонтакте, Facebook, Twitter, Viber и стандартный виджет на сайте.

Чат-бот помощник для клиентов. Стратегия предоставления омниканальной технической службы поддержки для клиентов собирает все окна диалогов в единое окно на основном сайте. Ранее подготовленный и обучаемый «мозг» бота совершенствуется с каждой беседой с реальными людьми и отвечает на примитивные запросы от клиентов, который перенаправляет человека к оператору только в случае сложных и индивидуальных запросов.

Чат-бот умеет принимать обращения клиентов со всех каналов и создает задачу для менеджеров на сайте. Задачи в свою очередь собираются в одном месте и контролируются оттуда же.

У чат-бота есть стартовая точка, в которой клиенту предлагается серия кнопок для перехода по всем направлениям. Умеет общаться на трех языках и определять язык общения. На рисунке 1 показана демонстрация общения с Telegram чат-ботом.

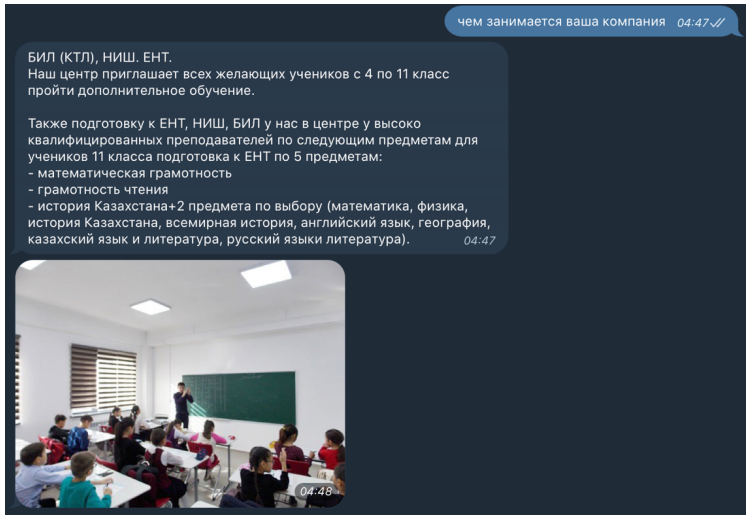


Рисунок 1 – Демонстрация общения с Telegram чат-ботом

Чат-бот ассистент для разработчика. Данный ассистент уведомляет о текущих состояниях сервера, например, при нагрузке ассистент пишет разработчику, чтобы он посмотрел и починил, если что-то выйдет из строя.

Чат-бот помощник для команды. Находясь прямо внутри группового чата можно создать задачу в системе с указанием минимальных данных, которая возвращает уникальный трек-номер для дальнейших обновлений. Для начала нужно добавить чат-бота в групповой чат и для создания задачи хватит лишь указать slash команду /newtask.

Кроме этого, система разделена на разные модули для достижения организованности и удобной навигации между ними. В свою очередь модули состоят из подмодулей.

Модуль «База знаний». В базе знаний хранятся заранее написанные статьи для улучшения ответов чат-бота. Можно редактировать вопросы и ответы к статьям. В обязательном порядке реализована слежка за историей изменений. Статьи хранятся в группах и есть возможность создавать подгруппы внутри групп.

На рисунке 2 демонстрируется активная работа над статьей для готовых ответов чат-бота, которые отвечают клиентам. Как видно на рисунке, есть три важные детали: вопрос, ключевые слова и ответ. Вопрос является лишь показательным текстом для редакторов статей, но он как идентификатор удобен в будущем для поиска среди большого количества статей в базе знаний. Ключевые слова являются триггерами при семантическом поиске,

которые срабатывают во время получения сообщений от клиентов. Ключевые слова имеют самую базовую форму, чтобы текст имел некий стандарт для семантического анализа. Самое последнее, ответ. Ответ, является ответом на заданный вопрос. Редактор ответа показывает, что в тексте применяется формат Markdown [10].

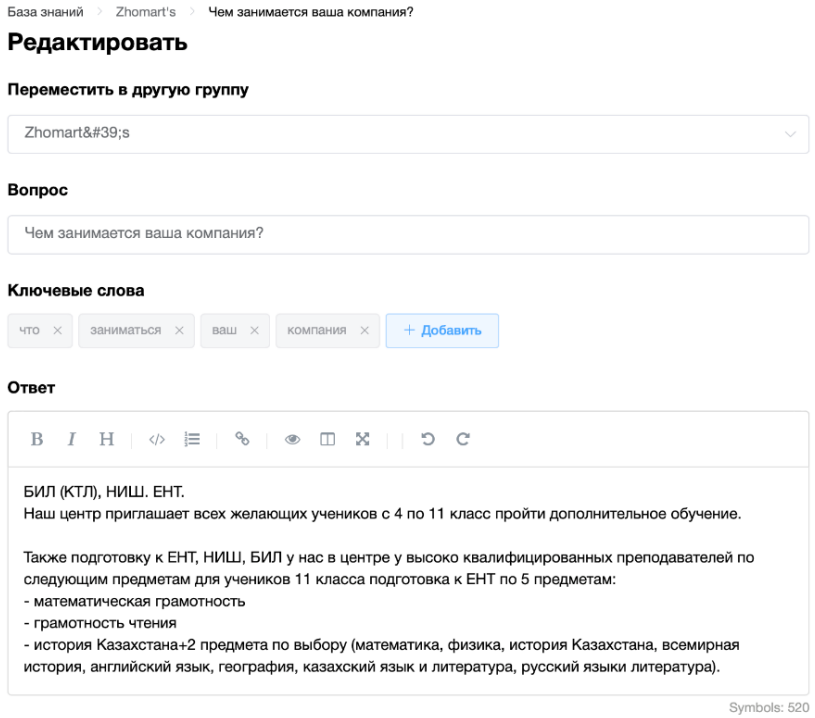


Рисунок 2 – Markdown редактор статьи в Базе знаний

На рисунке 3 демонстрируется интерфейс редактирования статьи для ответа на вопрос «Чем занимается ваша компания?».

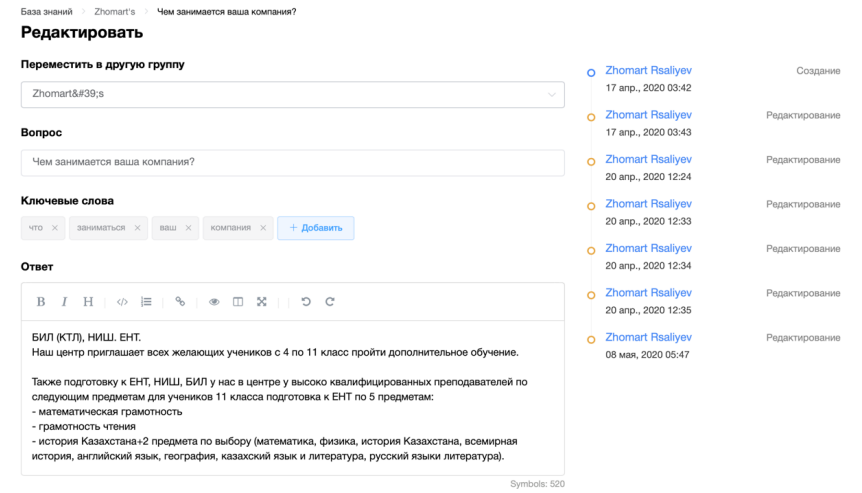


Рисунок 3 – Статья из «Базы знаний» для вопроса «Чем занимается ваша компания»

Слева расположен сам редактор, а справа история действий с данной статьей, от момента создания статьи и каждое редактирование статьи. Если пройтись сверху вниз, то станет ясно, что статья находится в группе Zhomart's и состоит из ключевых слов: «что», «заниматься», «ваш» и «компания», описывает сам вопрос, вопрос разбит на базовые формы слов и словоформ с помощью NLP. При получении сообщения «мозг» системы выдает ответ с помощью сравнений с данными ключевыми словами. Поле вопрос играет исключительно роль дружелюбного значения для удобного определения вопроса на человеческом языке, потому что набор ключевых слов может дать неправильное объяснение с первого взгляда.

Модуль «Служба поддержки». Сборник обращений клиентов в виде задач. Аналог модуля «Управление» только, здесь можно найти внешние запросы. Модуль также дает возможность отправить рассылку или опрос всем клиентам. Ранее уже упомянутый чат-бот помощник для групповых чатов при создании задач может переместить вопросы или задачи прямо в это место.

Обращения клиентов хранятся в одном проекте, где можно взаимодействовать с клиентом, не смотря на источник обращения. У каждого обращения есть уникальный трек-номер для идентификации.

Самая интересная функция модуля «Служба поддержки» – это Live Chat, которая демонстрирует чат между операторами и клиентами внутри

списка, что позволяет наблюдать за онлайн чатом. Здесь реальные операторы вживую обслуживают клиентов при сложных задачах или по просьбе самих клиентов. Например, родитель хочет получить детальную информацию о курсах и предметах, расписании или же о дополнительных возможностях.

Модуль «Управление». Предназначен для работы в команде. Здесь собраны все внутренние задачи работников организации. На рисунке 4 видно, что проект «Общие задачи» имеет в общей сложности 5 задач, которые разделены на колонны, где колонны в свою очередь определяют текущий статус задач. На рабочем столе можно узнать уникальный трек-номер, дату создания, название, дедлайн и исполнителей, также есть возможность добавить подзадачи внутри задачи.

Внутри модуля «Управление» можно встретить список внутренних проектов для постановки задач между менеджерами. Данный модуль перенял базовую рабочую модель от именитого проекта под названием Trello [11].

1 Удобный функционал перетаскивания (drag & drop) задач от одной колонны в другую;
2 Фильтр и сортировка задач;
3 Произвольное изменение колонок;
4 Модульное окно для детального описания задачи;
5 Поиск задач по уникальным трек-номерам;
6 Архив задач;
7 Администрирование проекта: изменение участников проекта, типа задач, переименование названия проекта, удаление проекта;
8 Push-уведомления при назначении задачи или изменении статуса задачи с помощью e-mail и закрепленных мессенджеров;
9 Обсуждение задачи с участниками проекта;
10 Полное логирование действий каждого участника;
11 Назначение окончательного срока выполнения задачи;
12 Быстрая навигация между задачами;
13 История статуса задачи;
14 Типизация задач;
15 Возможность постановки одного/нескольких исполнителей задачи;
16 Возможность установки дедлайна;
17 Изменение статуса задачи.

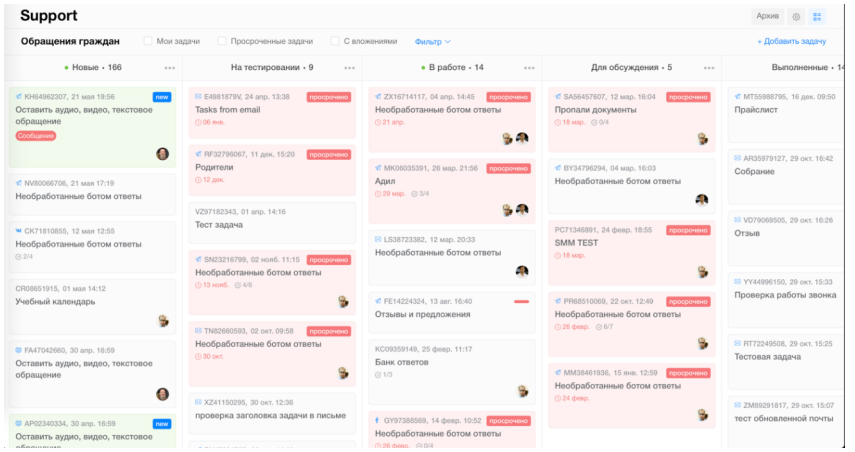


Рисунок 4 – Список задач в тестовом проекте «Общие задачи»

Кроме этого в проекте реализован принцип администрирования ролей для менеджмента привилегий для каждого пользователя в системе. У суперадмина есть полный доступ ко всем инструментам системы, и он администрирует остальные роли. Роли состоят в группах и редактируются с помощью групп. Каждое действие контролируется системой и записывается в логи. Историю действий можно посмотреть внутри этого же модуля.

Модуль «Аналитика». Аналитика предназначен для мониторинга выполняемой работы. На рисунке 5 приведена аналитика по боту за период с 2020-05-12 по 2020-05-22.

«Аналитика» – сбор всех модулей в одном месте, только здесь можно найти аналитику, разделенную на разные пути. Все аналитические данные собираются здесь для удобства. На данный момент есть подгруппы:

1 Чат-бот и оператор – аналитика чат-бота. История чатов между операторами и клиентами и их оценками. Аналитика по каналам и периодам времени.

2 Задачи – аналитика по выполненным/просроченным задачам по проектам.

3 Проекты – аналитика всех проектов.

4 Рассылка – аналитика по рассылкам. Сколько было отправлено/ошибок, количество клиентов.

Рисунок 5 – Аналитика по боту за период с 2020-05-12 по 2020-05-22

На рисунках 6 и 7 показана аналитика живых данных, полученных во время работы над проектом и за выбранную неделю, соответственно.

Отчет по обращениям
С 2019-12-01 по 2020-05-08

Номер обращения	Статус	Дата создания	Срок исполнения	Тема обращения	Комментарии	ФИО исполнителя	Переписка	Тип задачи	Источник	Приоритет
VV14498378	Открыто	2020-02-10		Управление проектами и внешние задачи		New Admin		Управление проектами	Неизвестно	Низкий
BM75233641	Закрыто	2019-12-16		Сканирование социальных сетей	Нужно подобрать для социальной сети ВКонтакте одного или несколько администраторов для управления приложениями. @admin поможете с этим вопросом?	Zhomart Rsaliyev		Разработка	Неизвестно	Низкий
HV24382222	В работе	2020-02-25	2020-03-11	Тест		Zhomart Rsaliyev		Разработка	Неизвестно	Средний
CR77367375	Закрыто	2019-12-23		Новые сервисы		Zhomart Rsaliyev		Разработка	Неизвестно	
HX94452047	В работе	2020-02-04		Общая задача		Zhomart Rsaliyev		Разработка	Неизвестно	Высокий

Рисунок 6 – Отчет о задачах для проекта «Разработка» для одного исполнителя

Отчет по боту
С 2020-04-28 по 2020-05-08

Источник	Обработано	Необработано
Facebook	3	0
Виджет	169	44
Telegram	143	5
ВКонтакте	23	0

Рисунок 7 – Отчет по чат-боту по источникам

Результаты и обсуждение

В настоящее время, система работает в реальном времени и с реальными данными. Проект был запущен в 2019 году и активно поддерживается. В системе на данный момент числится 1590 активных пользователей. Примерно

20 % это преподавательский состав, менеджеры и разработчики, остальные 80 % – это учащиеся.

Разработанная система дала значительный рост в предоставлении своих услуг по сравнению с предыдущими инструментами. Командная работа в одном месте оптимизировала работу внутри организации и теперь все пользователи удовлетворены сервисом. Колоссальное количество работы, которые проводились раньше было оптимизировано и пересмотрено.

Список использованных источников

1 http://stat.gov.kz/faces/homePage [Электронный ресурс].

2 **Рсалиев, Ж. Ә., Глазырина, Н. С.** Обзор и анализ автоматизированных систем управления образовательными центрами // Colloquim journal. – Варшава, Польша. – 2019. – № 10(34) – С. 73–76.

3 https://ru.wikipedia.org/wiki/Омниканальность [Электронный ресурс].

4 https://www.vuemastery.com/courses/intro-to-vue-js/vue-instance/ [Электронный ресурс].

5 https://sanic.readthedocs.io/en/latest/ [Электронный ресурс].

6 https://searchapparchitecture.techtarget.com/definition/RESTful-API [Электронный ресурс].

7 https://redis.io [Электронный ресурс].

8 https://www.rabbitmq.com [Электронный ресурс].

9 https://www.postgresql.org/about/ [Электронный ресурс].

10 https://daringfireball.net/projects/markdown/ [Электронный ресурс].

11 https://trello.com/about [Электронный ресурс].

References

1 http://stat.gov.kz/faces/homePage [Electronic resource].

2 **Rsaliyev, Zh. A., Glazyrina, N. S.** Obzor i analiz avtomatizirovannyh system upravlenija obrazovatelnymi zentrami [Review and analysis of automated management systems educational centers] In Colloquim journal. – Warsaw, Poland. – 2019. – № 10(34). – P. 73–76.

3 https://ru.wikipedia.org/wiki/Омниканальность [Electronic resource].

4 https://www.vuemastery.com/courses/intro-to-vue-js/vue-instance/ [Electronic resource].

5 https://sanic.readthedocs.io/en/latest/ [Electronic resource].

6 https://searchapparchitecture.techtarget.com/definition/RESTful-API [Electronic resource].

7 https://redis.io [Electronic resource].

8 https://www.rabbitmq.com [Electronic resource].

9 https://www.postgresql.org/about/ [Electronic resource].

10 https://daringfireball.net/projects/markdown/ [Electronic resource].

11 https://trello.com/about [Electronic resource].

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Д. Ж. Сатыбалдина, Н. С. Глазырина, Ж. Ә. Рсалиев

Білім беру орталығының жұмысын басқарудың автоматтандырылған жүйесін құру

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

D. Zh. Satybaldina, N. S. Glazyrina, Zh. A. Rsaliyev

Development of the automated system of management of the educational center work

L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 30.09.20.

Мақалада білім беру орталығының жұмысын басқарудың автоматтандырылған жүйесі сипатталған. Жүйенің ұсынылып отырған негізгі мүмкіндіктері келтірілген, атап айтқанда: кез-келген жерде және кез-келген уақытта сайттағы виджет, мессенджер, электрондық пошта, мобильді қосымша арқылы клиенттермен байланысу; омникальность??; барлық параметрлер бойынша амалдарды талдау; клиенттердің жиі қойылатын сұрақтары бойынша алдын-ала дайындалған жауаптардың білім базасы; интеллектуалды ассистент.. Әзірлеуге қолданылатын негізгі бағдарламалық қамтамасыздандыру берілген. Жүйені құрайтын келесі модульдер сипатталған: Білім қорының модулі, Қолдау қызметі модулі, Басқару модулі, Аналитикалық модуль. Сонымен қатар, клиенттерге арналған чат бот-көмекшісі, әзірлеушіге арналған чат-бот көмекшісі, команда үшін чат-бот көмекшісі сипатталған. Қазіргі уақытта чат-бот Telegram, ВКонтакте, Facebook, Twitter, Viber сияқты мессенджерлерде және сайттағы стандартты виджетте жүзеге асырылған. Жүйенің нәтижелері есептер мен график түрінде ұсынылған. Жүйе онлайн-тренингке ауысу мүмкіндігін

қолдайды, бұл үшін платформада екі қатысушының диалогы ретінде мәтіндік, аудио және видео байланыс бар.

Кілтті сөздер: Автоматтандырылған жүйе, білім беру орталығы, CRM жүйесі, омниканальность, кроссплатформалдық, менеджмент, өнімділік, онлайн оқыту, ортақ бірлескен жұмыс.

The article describes the developed automated system for managing the work of the educational center. The main features that the system offers are listed, namely: communication with customers anywhere and anytime using a widget on the site, messenger, e-mail, in a mobile application; omnichannel; analytics of all actions in all parameters; knowledge base of prepared answers to frequently asked questions of clients; intelligent assistant. The main software used for its development is given. The modules that make up the system are described: the Knowledge Base module, the Support Service module, the Management module, the Analytics module. In addition, a chat bot assistant for clients, a chat bot assistant for a developer, a chat bot assistant for a team are described. At the moment, chat bots are implemented in such messengers as: Telegram, VKontakte, Facebook, Twitter, Viber and a standard widget on the site. The results of the system in the form of reports and graphs are presented. The system supports the ability to switch to online training, for this the platform has text, audio and video communications as a dialogue between two participants from different sides.

Keywords: automated system, educational center, CRM system, omnichannel, cross-platform, management, productivity, online learning, collaboration.

МРНТИ 55.30.01

https://doi.org/10.48081/DOUY6702

К. И. Танырбергенова, Т. Мирғалиқызы
Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕРВАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧЕ АППРОКСИМАЦИИ РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

В статье рассматривается рабочая область робота-манипулятора типа «двухзвенник». Цель работы состоит в разработке алгоритма аппроксимации рабочей области робота-манипулятора с использованием методов интервального анализа, моделировании и анализе полученных результатов с использованием возможностей языка программирования и инструментария Python. Проведено исследование рабочей области робота-манипулятора с учетом налагаемых ограничений, в расчетах использованы методы интервального анализа, что позволило избежать неточности при округлении результатов. Был разработан алгоритм с использованием средств языка программирования Python и методами интервальной арифметики (анализа). Полученные результаты представлены в визуальной форме. Результаты могут быть использованы в практических целях для улучшения, уточнения и оптимизации работы рабочего инструмента робота-манипулятора при перемещении на отведенной рабочей поверхности.

Ключевые слова: робот манипулятор, рабочая область робота, кинематика робота, прямая задача кинематики, интервальная арифметика, интервальный анализ, робототехника, Python.

Введение

В задачах проектирования и управления роботами важнейшую роль играют методы математического моделирования. Математическое моделирование и программная реализация алгоритма аппроксимации рабочей области робота служит предметом данного исследования.

Большая часть робототехнических комплексов сосредоточены в США, Японии и Европе. Касательно Европы – это робототехнические ансамбли

Германии, Франции и Великобритании, и у последней, к удивлению, в меньшей степени. Так же стремительно развивается данная стезя в Корее и Китае. Также следует отметить, что на данные страны приходится основной массив патентных заявок в области робототехники [1]. В своем ежегодном Послании народу Казахстана первый президент Республики Казахстан Н. А. Назарбаев обратил внимание на необходимость развивать в стране отрасли робототехники и генной инженерии [2].

Робототехника является одним из приоритетных направлений развития научно-технического прогресса в настоящее время. Роботы находят свое применение в производстве, космической и военной промышленности, автомобилестроении, медицине и многих других областях. Вследствие этого робототехника является активно развивающейся областью научных исследования. В частности, можно перечислить следующие исследовательские группы, занимающиеся тематикой, близкой к теме проекта [3, 4]:

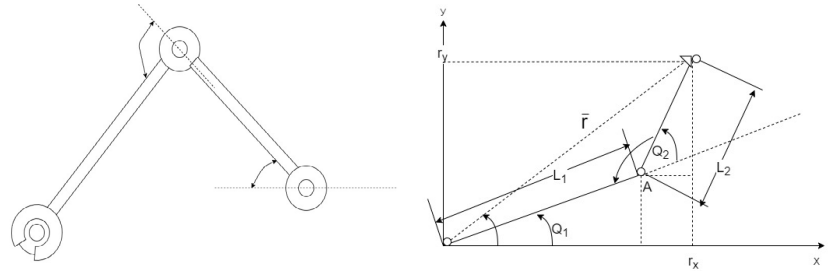
1) Группа J-P-Merlet (Франция);
2) Группа Aundre Preumont (Бельгия);
3) Группа Nabil Simaan (Израиль);
4) Группа Harris D.M.J. (Великобритания).

Объектом исследования являются методы аппроксимации рабочей области робота-манипулятора типа «двухзвенник». Данная проблема важна также тем, что задача оценки движения рабочего устройства робота в конкретную точку в пространстве невозможна без наличия сколько-нибудь приближенной информации об его рабочей области. **Целью исследования** является разработка и реализация методов аппроксимации рабочей области робота с предопределенной точностью с учетом различных ограничений.

Были изучены сторонние алгоритмы аппроксимации рабочей области для разных моделей роботов, такие как метод неравномерных покрытий, предложенный Евтушенко Ю. Г., метод Кравчика [5, 6, 7].

Основная часть. Методы исследования

Имеется манипулятор робота с двумя сегментами и двумя шарнирами, изображенный на рисунке 1. На одном из концов манипулятора находится конечное звено, которое определяет рабочий инструмент, положением которого необходимо управлять, то есть перемещать в нужную нам точку координат. Следует отметить, что мы не имеем непосредственной возможности контролировать позицию конечного звена и можем только поворачивать шарниры, на месте которых выступают двигатели. Задача инверсной кинематики заключается в нахождении наилучшего способа поворота соединений для перемещения конечного звена в нужную позицию.



А б

Рисунок 1 – робот– манипулятор с двумя сегментами и двумя шарнирами, а) модель робота б) схема робота с обозначениями

Введем обозначение $\bar{r}$ – радиус-вектора, определяющего положение рабочего органа в пространстве (декартова система координат). Спроектировав его на оси координат, получим систему скалярных уравнений. Эти уравнения и называют кинематическими уравнениями движения. В нашем случае вид системы уравнений примет следующий вид согласно формуле (1):

$$\begin{cases} r_x = L_1 * \cos(Q_1) + L_2 * \cos(Q_1 + Q_2) \\ r_y = L_1 * \sin(Q_1) + L_2 * \sin(Q_1 + Q_2) \end{cases} \quad (1)$$

где r_x, r_y – проекция вектора $\bar{r}$ на ось x и y соответственно, L_1 – длина плеча робота, L_2 – длина предплечья, Q_1 – угол между осью абсцисс и плечом робота, Q_2 – угол между предплечьем и смещенным положением оси абсцисс согласно точке отсчета.

Вид системы кинематических уравнений с налагаемыми ограничениями опишем в формуле (2):

$$\begin{cases} r_x = L_1 * \cos(Q_1) + L_2 * \cos(Q_1 + Q_2), \\ r_y = L_1 * \sin(Q_1) + L_2 * \sin(Q_1 + Q_2), \\ Q_{1min} < Q_1 < Q_{1max}, \\ Q_{2min} < Q_2 < Q_{2min}, \\ 0 < L_1 < m = const, \\ 0 < L_2 < M = const, \\ xm < r_x < XM, \ ym < r_y < YM, \\ \Omega = \{ x, y \in R \mid x = r_x, y = r_x \}, \\ x_a = L_2 * \cos(Q_2), \\ x_b = L_2 * \sin(Q_2), \end{cases} \quad (2)$$

где: $Q_{1min}, Q_{1max}, Q_{2min}, Q_{2max}$ – минимальные и максимальные возможные значения Q_1, Q_2, с учетом самопересечения (подсчитаны эвристическим методом), m, M – максимальные допустимые значения длины плеча и предплечья соответственно (согласно параметрам конструкции), xm, XM, ym, YM – ограничения на нижнюю и верхнюю границы значений для радиус-вектора (рабочая поверхность), $\Omega\{x, y \in R \mid x = x(t), y = y(t)\}$, x_a, x_b – проекция r_x, r_y на оси в системе отчета локтя.

На языке Python была реализована программа, выполняющая задачу аппроксимации рабочей области робота многозвенника, моделирование и анализ рабочей области робота-манипулятора методом интервального анализа с учетом налагаемых ограничений. Python —один из самых популярных языков программирования в мире, в свежем рейтинге TIOBE он занимает 3 место [8].

Среда разработки PyCharm 2019.3. Структура проекта изображена на рисунке 2.

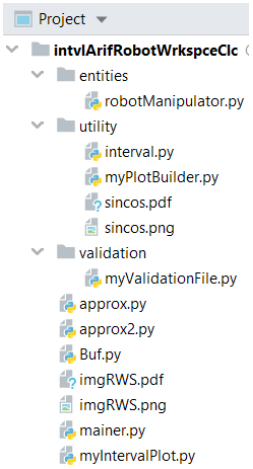


Рисунок 2 – структура проекта

Первоначально был разработан алгоритм решения прямой задачи кинематики для робота манипулятора типа «многозвенник» с применением интервального анализа.

Блок-схема алгоритма работы программы приведена на рисунке 3 ниже.

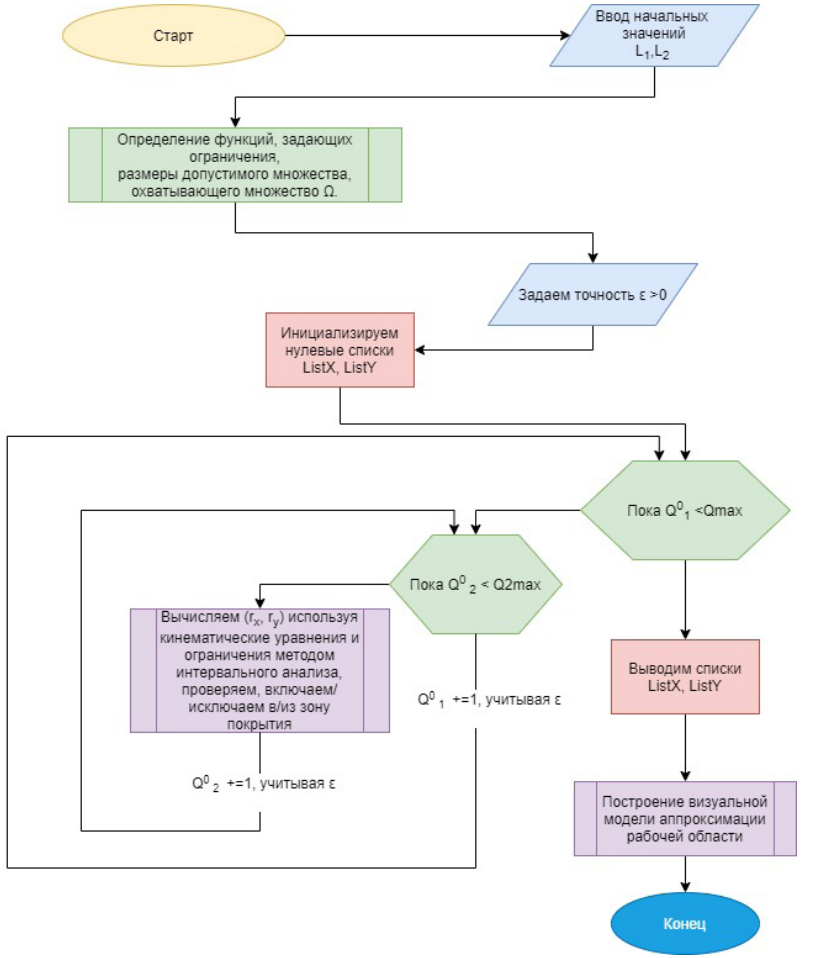


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма работы программы

Концептуальное описание функции построения графиков рабочей области приведено ниже:

```
def forwardSolutionsPlotBuilder(self):
 print('You chose forward method ')
 self.x=self.L1*math.cos(math.radians(self.Q1))
 self.y=self.L1*math.sin(math.radians(self.Q1))
 print('\n x = ',self.x, ' y =', self.y)
```

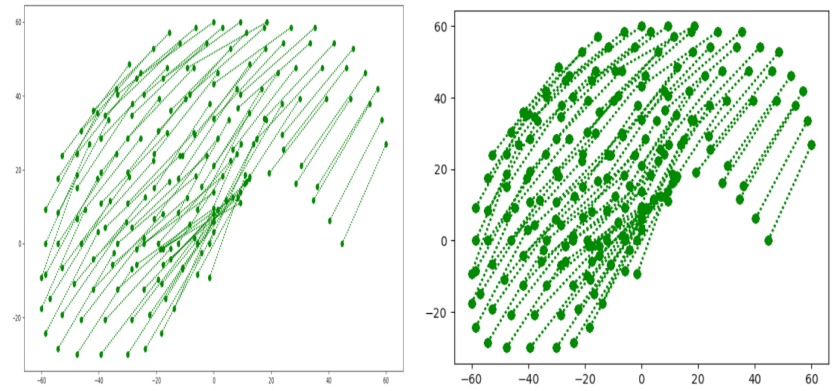
```
rnd=[0,self.x]
yrs = [0,self.y]
print(rnd)
print(yrs)
fig, ax = plt.subplots(figsize=(5, 3))
ax.stackplot(yrs, rnd, labels=['Robotic'])
ax.set_title('Robot Manipulators working space')
ax.legend(loc='upper left')
ax.set_ylabel('Y axis')
ax.set_xlabel('X axis')
ax.set_xlim(xmin=yrs[0], xmax=yrs[1])
fig.tight_layout()
plt.show()
return self.x,self.y
```

Для работы с графиками была использована библиотека matplotlib.

Вся логика операций реализована с использованием методов интервального анализа. Предложенный алгоритм аппроксимации рабочей области робота с использованием методов интервального анализа заключается в следующем: при вычислении допустимых значений и подстановке неизвестных все они представлялись в виде интервалов. Интервалы получены путем деления начальной области на сетки размерами 10X10, 100X100 и т.д. Далее над интервалами из полученной сетки проводились операции, сетка проводилась через систему уравнений и ограничений согласно методам интервального анализа и выводился результат. Основные правила, методы и операции интервального анализа взяты из [9].

Результаты исследования

Результат работы алгоритма аппроксимации рабочей области с применением интервального анализа с дифференциированными ограничениями, заданной точнойстью ε и с начальными данными L_1=30, L_2 =20, $Q_1 \in [0, \pi]$, $Q_2 \in [0, \pi]$ на примере сетки интервалов размерностью 10 на 10 представлен на рисунке 4.



а Б

Рисунок 4 – Аппроксимация рабочей области с заданной точностью (сетка 10 на 10) а) ε=5, б) ε=1

Результат работы алгоритма аппроксимации рабочей области с применением интервального анализа с дифференциированными ограничениями, заданной точнойстью ε=5 и с начальными данными L_1=30, L_2 =20, $Q_1 \in [0, \pi]$, $Q_2 \in [0, \pi]$ на примере сетки интервалов размером 100 на 100 представлен на рисунке 5.

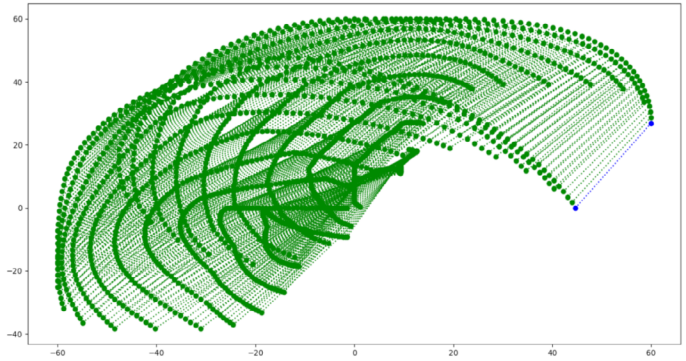


Рисунок 5 –Аппроксимация рабочей области с заданной точностью (сетка 100 на 100), ε=5

Результат работы алгоритма аппроксимации рабочей области с применением интервального анализа с дифференциированными

ограничениями, заданной точнойстью ε=1 и с начальными данными L_1=30, L_2 =20, $Q_1 \in [0, \pi]$, $Q_2 \in [0, \pi]$ на примере сетки интервалов размером 100 на 100 представлен на рисунке 6.

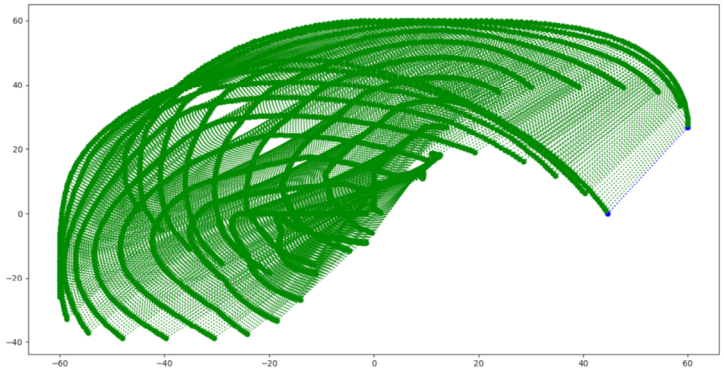


Рисунок 5 –Аппроксимация рабочей области с заданной точностью (сетка 100 на 100), ε=1

Результаты исследования: была выполнена задача аппроксимации рабочей области робота манипулятора с использованием методов интервального анализа с заданной точностью ε, были смоделированы положения рабочего органа, решена прямая задача кинематики робота.

Выводы

Результаты могут быть использованы в практических целях для улучшения, уточнения и оптимизации работы рабочего инструмента робота-манипулятора при перемещении на отведенной рабочей поверхности с учетом ограничений.

Список использованных источников

1 **Keisner, A., Raffo, J., Wunsch-Vincent, S.** Robotics : Breakthrough Technologies, Innovation, Intellectual Property. // Foresight and STI Governance. – 2016. – Vol. 10. – No. 2. – P. 7–27.

2 Официальный сайт президента республики Казахстан / Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана. 17 января 2014 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-17-yanvarya-2014-g.

3 **Merlet, J. P.** Parallel robots. – Springer Science & Business Media, 2006. – T. 128.

4 **Bajo, A., Simaan, N.** Kinematics-Based Detection and Localization of Contacts Along Multisegment Continuum Robots. IEEE Transactions on Robotics. – TRob. – 2012.

5 **Evtushenko, Y. G., Posypkin, M. A.** Nonuniform covering method as applied to multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy //Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2013. – T. 53. – No. 2. – P. 144.

6 **Posypkin, M. A.** Method for solving constrained multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy // Doklady Mathematics. – Springer US, 2013. – T. 88. – No. 2. – P. 559–561.

7 **Evtushenko, Y. G., Posypkin, M. A.** Nonuniform covering method as applied to multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2013. – T. 53. – No. 2. – P. 144.

8 TIOBE – The Software Quality Company / TIOBE index for April 2020. [Электронный ресурс] Режим доступа URL: https://www.tiobe.com/tiobe-index/ (Дата обращения: 15.02.2020).

9 **Алефельд, Г., Херцбергер, Ю.** Введение в интервальные вычисления. – М. : Мир, 1987.

10 **Макаров, И. М.** Робототехника. История и перспективы / И. М. Макаров, Ю. И. Топчеев. – М. : Наука, МАИ, 2015. – 352 с.

11 **Jha, R., Chablat, D., Rouillier, F., Moroz, G.** Workspace and Singularity analysis of a Delta like family robot in Robotics and Mechatronics. – Springer International Publishing. –2016. – 121–130 p.

12 **Крейг, Д.** Введение в робототехнику. Механика и управление /Джон Крейг. – М. : Институт компьютерных исследований, 2013. – 564 с.

References

1 **Keisner, A., Raffo, J., Wunsch-Vincent, S.** Robotics : Breakthrough Technologies, Innovation, Intellectual Property. In Foresight and STI Governance. – 2016. – Vol. 10. – No 2. – P. 7–27.

2 Oficial'nyj sajt prezidenta respubliki Kazahstan. Poslanie Prezidenta Respubliki Kazahstan N.Nazarbaeva narodu Kazahstana. 17 yanvarya 2014 g. [Official site of the President of the Republic of Kazakhstan./Message from the President of the Republic of Kazakhstan Nursultan Nazarbayev to the people of Kazakhstan.] [Electronic resource]. – URL: https://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-17-yanvarya-2014-g

3 **Merlet, J. P.** Parallel robots. – Springer Science & Business Media, 2006. – T. 128.

4 **Bajo, A., Simaan, N.** Kinematics-Based Detection and Localization of Contacts Along Multisegment Continuum Robots. IEEE Transactions on Robotics. In TRob. – 2012.

5 **Evtushenko, Y. G., Posypkin, M. A.** Nonuniform covering method as applied to multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy In Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2013. – T. 53. – No 2. – P. 144.

6 **Posypkin, M. A.** Method for solving constrained multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy //Doklady Mathematics. – Springer US, 2013. – T. 88. – №. 2. – P. 559–561.

7 **Evtushenko, Y. G., Posypkin, M. A.** Nonuniform covering method as applied to multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy In Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2013. – T. 53. – No 2. – P. 144.

8 TIOBE – The Software Quality Company. In TIOBE index for April 2020. [Electronic resource]. – URL: https://www.tiobe.com/tiobe-index/ (Access date: 15.02.2020)

9 **Alefeld, G., Herzberger, YU.** Vvedenie v interval'nye vychisleniya. [Introduction to interval calculations.] – Moscow : Mir, 1987.

10 **Makarov, I. M.** Robototekhnika. Istoriya i perspektivy [Robotics. History and Prospects] In I. M. Makarov, Yu. I. Topcheev. (eds.)] – Moscow : Nauka, MAI, 2015. – 352 p.

11 **Jha, R., Chablat, D., Rouillier, F., Moroz, G.** Workspace and Singularity analysis of a Delta like family robot in Robotics and Mechatronics. – Springer International Publishing. – 2016. –121–130 p.

12 **Craig, D.** Vvedenie v robototekhniku. Mekhanika i upravlenie [Introduction to Robotics. Mechanics and control] In D. Craig (eds.) – Moscow : Institut komp'yuternyh issledovanij, 2013. – 564 p.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

К. И. Танырбергенова, Т. Мирғалиқызы

Робот-манипулятордың жұмыс аймағының аппроксимациялауда интервалдық талдау әдістерін қолдану

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

K. I. Tanyrbergenova, T. Mirgalikyzy

Usage of interval analysis methods in task of robot-manipulator workspace approximation

L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.
Material received on 30.09.20.

Мақалада робот-манипулятор «екі сілтемелік» түріндегі жұмыс аймақтары қарастырылады. Жұмыстың мақсаты – Python бағдарламалау тілі мен құралдарының мүмкіндіктерін қолдана отырып, нәтижелерді модельдеу және талдау, интервалдық талдау әдістерін пайдаланып робот-манипуляторлардың жұмыс аймағын аппроксимациялау алгоритмін жасау. Берілген шектеулерді ескере отырып робот-манипуляторлардың жұмыс аймағын зерттеу жүргізілді, есептеулерде интервалдық талдау әдістері қолданылды, бұл нәтижелерді дөңгелектеу кезінде дәлсіздіктерге жол бермеуге мүмкіндік берді. Python бағдарламалау тілінің құралдары мен аралық арифметика (талдау) әдістерінің көмегімен алгоритм жасалды. Нәтижелер визуалды түрде ұсынылды. Алынған нәтижелер белгілі бір жұмыс бетінде қозғалу кезінде роботты-манипуляторлардың жұмыс құралын жақсарту, нақтылау және оңтайландыру үшін практикалық мақсаттарда қолданыла алады.

Кілтті сөздер: робот манипуляторы, роботтың жұмыс аймағы, робот кинематикасы, тікелей кинематика мәселесі, интервалдық арифметика, интервалды талдау, робототехника, Python.

The article deals with the working space of the «twolink» typed robot-manipulator. The purpose of the work is to develop an algorithm for approximating the workspace of the robot-manipulator using methods of interval analysis, modeling and analysis of the results obtained using the capabilities of the programming language and tools Python. The research

of the robot-manipulator working area was carried out taking into account the imposed limitations, the methods of interval analysis were used in the calculations, which allowed avoiding the inaccuracy in rounding the results. The algorithm with use of means of programming language Python and methods of interval arithmetic (analysis) has been developed. The obtained results are presented in visual form. The results can be used for practical purposes to improve, clarify and optimize the work of the robot-manipulator working tool when moving on a given working surface.

Keywords: robot manipulator, robot workspace, robot kinematics, direct kinematics problem, interval arithmetic, interval analysis, robotics, Python.

МРНТИ 44.29.31

https://doi.org/10.48081/XQTA8950

Н. А. Терещенко, В. Ю. Мирошник,
Д. А. Поляков, К. И. Никитин
Омский государственный технический университет,
Российская Федерация, г. Омск

РЕЗИСТОРНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПОДВЕСНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ ВЛЭП

Представлен обзор существующих способов мониторинга и диагностики изоляторов воздушной линии электропередачи (ВЛЭП). Актуальность вызвана переходом электроэнергетической отрасли к цифровизации и автоматизации процессов. Авторы предлагают резисторный датчик для диагностики изоляторов. Он подключается последовательно к изолятору. Изготовлен экспериментальный образец, проведены эксперименты с фарфоровыми и стеклянными изоляторами, по которым удалось зафиксировать разницу в токах утечки между неповрежденными и поврежденными изоляторами.

Ключевые слова: изолятор, ток утечки, переменное напряжение, резистор.

Введение

В настоящее время одной из основных задач электроэнергетики является повышение надежности энергосистемы. Одним из важнейших компонентов в электроэнергетике является изолятор высокого напряжения, который предназначен для изолирования проводников от заземленной опоры и обеспечения механической опоры для линий электропередач. На наружный изолятор сильно влияют различные факторы как механические, так и окружающей среды, например, тип материала, схема установки, степень загрязнения. В следствии данного воздействия изоляторы становятся восприимчивыми к току утечки большой величины и приводят к увеличению активности разряда над его поверхностью. Таким образом, эти условия могут привести к нежелательному пробою изолятора, что повлечет прерывание электроэнергии. Следовательно, мониторинг и диагностика изоляторов требует значительного внимания. Поэтому изоляторы необходимо регулярно проверять. Расположение и высокое напряжение делают этот процесс очень

трудным для физического исследования. Особенно, когда рассматривать изоляторы на линии электропередачи, проходящей через горную местность, болотистые места и т.д. В связи с вышесказанным, тема актуальна по разработке новых и совершенствованию имеющихся систем мониторинга и диагностики высоковольтных изоляторов.

В источнике [1] описан метод, позволяющий прогнозировать степень загрязнения изолятора по соотношению 3, 5 и 7 составляющих высших гармоник тока утечки.

Авторы [2] предлагают датчик тока утечки изолирующей гирлянды, основанный на волоконной решетке Брэгга (ВБР). Принципиальная схема датчика тока утечки изолирующей гирлянды состоит из двух частей: части сбора тока и части преобразования тока. Часть сбора тока основана на двух токопроводящих токоприемниках и проводах; поскольку сопротивление спиральной катушки намного меньше, чем внутреннее сопротивление изолятора, большая часть тока вводится в спиральную катушку путем соединения катушки параллельно с последним изолятором гирлянды изоляторов, тем самым «замыкая» цепь накоротко. Блок преобразования тока основан на спиральной катушке, магните и двух ВБР, закрепленных с обеих сторон балки кантилевера. Когда большая часть тока утечки вводится в спиральную катушку, катушка генерирует магнитное поле. При изменении тока утечки изменения магнитной индукции вызывают изменение силы отталкивания магнита на балке кантилевера, что приводит к изменению деформации ВБР. Ток утечки можно получить, отслеживая изменения напряжения в ВБР.

В [3] авторы представляют систему беспроводного сбора данных на базе микроконтроллера для мониторинга тока утечки и напряжения в электрооборудовании высоковольтных сетях подстанций с платформой LabVIEW для непрерывного мониторинга и обработки данных в реальном времени. Блок передачи WLAN TX/RX состоит из компонента формирования сигнала, микроконтроллера, модуля приемопередатчика. Система работает на солнечной энергии с автономным питанием.

Авторы источника [4] применяют катушку Роговского, установленную на штыре изолятора или вокруг металлического держателя. Между изолятором и катушкой вставлен тонкий полимерный слой для предотвращения прямого контакта. При дефекте или загрязнении изолятора ток утечки протекает по поверхности его и также проходит через штырь изолятора, образовывая магнитное поле вокруг штифта изолятора. Это магнитное поле взаимодействует с обмоткой катушки Роговского и возникает электродвижущая сила (ЭДС) генерирующаяся через катушку. В этот момент образуется сигнал напряжения из-за наличия емкостного эффекта

между выводом и обмоткой катушки. Однако другой сигнал исходит из-за электромагнитной индукции вследствие протекания тока утечки через поверхность изолятора.

Ну а поскольку основной показатель целостности изолятора является контроль тока утечки ІУ, то авторы предлагают использовать этот фактор на практике [5].

Цель работы: создание беспроволочного резистора для датчика тока, с помощью которого можно будет отслеживать ток утечки изолятора под напряжением и нагрузкой. Для достижения цели были поставлены и решены задачи: изготовить беспроволочный резистор, произвести испытания, проанализировать результаты.

Результаты и обсуждения

В источнике [6] обозначено, что допустимый предел тока утечки для наружных изоляторов не имеет установленных стандартов или фиксированных значений. Причина в том, что наружный изолятор установлен на ЛЭП, поэтому их предел тока утечки устанавливается на основе их степени безопасности. Следовательно, допустимое значение тока утечки не может быть определено строго, однако предел можно выявить за счет закономерности мощности. Этот предел варьируется как внутри страны, так и между странами. Максимально допустимый предел тока утечки для линии передачи составляет 100 мА, что определяется в зависимости от типа изолятора, его номинального напряжения и потерей в ЛЭП. В сухую погоду диапазон тока утечки составляет от нескольких микроампер до 5 мА. Если среда влажная, то наблюдаются пики до 50 мА при учете безопасного эксплуатирования [7].

Авторы предлагают датчик для диагностики тока утечки изолятора, состоящего из резистора и диагностического устройства (рисунок 1).

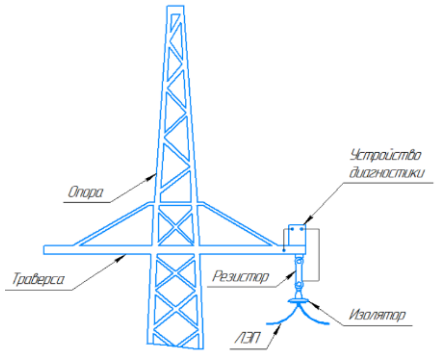


Рисунок 1 – Резисторный датчик для диагностики изоляторов

Беспроволочный резистор крепится одним концом к траверсе, другим концом к изолятору, а диагностическое устройство подключается к установленному резистору. Диагностическое устройство состоит из аналого-цифрового преобразователя и передатчика. Питание устройства осуществляется от аккумуляторной батареи и солнечного электрического элемента.

Рисунок 2 – Экспериментальный образец резистора

Беспроволочный резистор представлен в виде цепочки из семи стандартных (МЛТ-2) резисторов величиной около 3 кОм, помещённых в кабель–канал и залитых эпоксидной смолой. Чтобы смоделировать работу изолятора под напряжением, измерить в нем ток утечки Iу была собрана схема (рисунок 3) и проведен эксперимент.

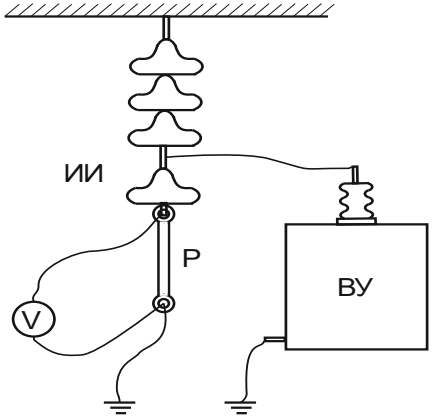


Рисунок 3 – Схема эксперимента (ВУ – высоковольтная установка, Р – резисторный датчик, ИИ – испытываемый изолятор, V – вольтметр)

Измеряя вольтметром V напряжение на резисторном датчике Р и зная его величину, нетрудно вычислить ток утечки изолятора:

$$I_{\text{у}} = \frac{U_P}{R_P},$$

где U_P – падение напряжения, снимаемое вольтметром с резистора, В; R_P – сопротивление беспроволочного резистора, Ом.

Проведя ряд экспериментов с изоляторами (ШС10Е, ПС70Е, ШФ20Г и ШФ10Г) были получены результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные данные для определения IУ

Изолятор	U, кВ		U_P, В		Рассчитанный I_y утечки, мкА	
ШФ20Г	10	20	2,640	5,714	127	275
ШФ10Г	10	20	2,023	5,714	97	275
ШС10Е	10	20	2,857	7,075	137	340
ПС70Е	10	20	4,177	9,498	201	457

На испытываемые изоляторы подавалось напряжение U переменного тока (промышленной частоты) 10 кВ и 20 кВ, фиксировалось значение напряжения на резисторе U_P мультиметром. Величина резистора в эксперименте составила 20,8 кОм.

Выводы

Последовательное подключение беспроволочного резистивного датчика к подвесному изолятору позволило зафиксировать ток утечки порядка нескольких десятков микроампер в реальном времени и под нагрузкой. Применение датчика тока с беспроволочным резистором для диагностики изоляторов под напряжением позволит освободить от участия персонал, уменьшит затраты на восстановление системы, т. к. позволит контролировать срок старения изоляции, по которому можно предотвратить выход из строя изолятора до его повреждения. Таким образом, данный способ диагностики изоляторов позволит повысить эффективность и надежность энергетический системы.

Список использованных источников

1 **Salem, A. A. et al.** The Leakage Current Components as a Diagnostic Tool to Estimate Contamination Level on High Voltage Insulators // IEEE Access. – 2020. – V. 8. – P. 92514–92528.

2 **Yan, Z. et al.** Insulator string leakage current-monitoring sensor based on fiber Bragg grating // Optics express. – 2018. – V. 26. – №. 19. – P. 24940–24952.

3 **Harid, N. et al.** A wireless system for monitoring leakage current in electrical substation equipment // IEEE Access. – 2016. – V. 4. – P. 2965–2975.

4 **Ibrahim, M. E., Abd-Elhady, A. M.** Rogowski Coil Transducer Based Condition Monitoring of High Voltage Insulators // IEEE Sensors Journal. – 2020.

5 **Никитин, К. И., Поляков, Д. А., Довбня, Б. Я., Клецель, М. Я., Максимов, В. М.** Патент РФ № 2608335, МПК G01R 19/00, Оптико-электронный датчик тока и напряжения, Заявлено 29.04.2015; Опубл. 17.01.2017, Бюл. № 2. – с.: ил

6 International Electrotechnical Commission,Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion» 2007.; Владимирский Л. Л. Система выбора внешней изоляции электроустановок высокого напряжения [External insulation selection system for high-voltage electrical installations] // Электрооборудование : эксплуатация и ремонт. – 2019. – №. 1. – С. 37–51.

7 **Ahmed, R. et al.** Online Condition Monitoring and Leakage Current Effect Based on Local Area Environment // Transactions on Electrical and Electronic Materials. – 2020. – P. 1–6.

References

1 **Salem, A. A. et al.** The Leakage Current Components as a Diagnostic Tool to Estimate Contamination Level on High Voltage Insulators. In IEEE Access. – 2020. – V. 8. – P. 92514–92528.

2 **Yan, Z. et al.** Insulator string leakage current-monitoring sensor based on fiber Bragg grating. In Optics express. – 2018. – V. 26. – № 19. – P. 24940–24952.

3 **Harid, N. et al.** A wireless system for monitoring leakage current in electrical substation equipment. In IEEE Access. – 2016. – V. 4. – P. 2965–2975.

4 **Ibrahim, M. E., Abd-Elhady, A. M.** Rogowski Coil Transducer Based Condition Monitoring of High Voltage Insulators. In IEEE Sensors Journal. – 2020.

5 **Nikitin, K. I., Polyakov, D. A., Dovbnya, B. YA., Klecel', M. YA., Maksimov, V. M.** Patent RF № 2608335, MPK G01R 19/00. Optiko-elektronnyj datchik toka i napryazheniya [Optoelectronic current and voltage sensor]. Zayavleno 29.04.2015; Opubl. 17.01.2017, Byul. № 2. – s.: il

6 International Electrotechnical Commission. Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion. 2007.; Vladimirskij L. L. Sistema vybora vneshnej izolyacii elektroustanovok vysokogo napryazheniya In Elektrooborudovanie : ekspluataciya i remont. – 2019. – №. 1. – P. 37–51.

7 **Ahmed, R. et al.** Online Condition Monitoring and Leakage Current Effect Based on Local Area Environment. In Transactions on Electrical and Electronic Materials. – 2020. – P. 1–6.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Н. А. Терещенко, В. Ю. Мирошник, Д. А. Поляков, К. И. Никитин

ӘЭЖ аспалы изоляторларын диагностикалауға арналған резисторлық датчик

Омск мемлекеттік техникалық университеті,
Ресей Федерациясі, Омбы қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

N. A. Tereshchenko, V. Yu. Miroshnik, D. A. Polyakov, K. I. Nikitin

Unit protection device «Rectifier transformers» electrolysis production and AC circuits

Omsk State Technical University,
Russia Federation, Omsk.
Material received on 30.09.20.

Электр берудің әуе желісінің (ӘЭЖ) изоляторларын мониторингтеу мен диагностикалаудың қолданыстағы тәсілдеріне шолу ұсынылған. Өзектілік электр энергетикасы саласының процестерді цифрландыру мен автоматтандыруға көшуінен туындады. Авторлар изоляторларды диагностикалау үшін резистор сенсорын ұсынады. Ол изоляторға кезекпен қосылады. Эксперименттік үлгі жасалды, фарфор және шыны изоляторлармен эксперименттер жүргізілді, олар арқылы бүлінбеген және зақымдалған изоляторлар арасындағы ағып кету токтарындағы айырмашылықты түзетуге болады.

Кілтті сөздер: изолятор, ағып кету тогы, ауыспалы кернеу, резистор.

Electricity supply for electrolysis production is most often carried out using a regulating transformer and a rectifier transformer unit. Traditionally, protection of transformers with busbars against short circuits is carried out by means of overcurrent protection, overcurrent cutoff, differential protection and gas protection. However, each of these protections has certain disadvantages. The article proposes a protection device for the rectifier transformer block of the electrolysis production and the alternating current conductor using magnetic current transformers.

Keywords: electrolysis, transformer, current lead, magnetic current transformer, relay protection.

МРНТИ 30.15.15

https://doi.org/10.48081/WSUT2843

А. Т. Турешбаев, Н. А. Турлугулова
Кызылординский университет имени Коркыт Ата,
Республика Казахстан, г. Кызылорда

О ЧАСТНЫХ РЕШЕНИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ЗАДАЧИ ТРЕХ ТЕЛ С ПЕРЕМЕННЫМИ И ИЗЛУЧАЮЩИМИ МАССАМИ

В работе рассматривается фотогравитационная ограниченная задача трех тел с переменными массами. При этом сила светового давления, действующая на частицу, зависит не только от излучательной способности звезды, но и характеристик (геометрических размеров, плотности, отражательной способности) конкретной частицы. На достаточно крупные и наиболее плотные частицы наибольшее действие оказывает сила тяготения звезды, следовательно, q> 0. Для мельчайших частиц с высокими парусностью и коэффициентом отражения действие силы света преобладает над гравитацией (q< 0).

В зависимости от интенсивности излучения компонентов звездной пары коэффициенты редукции масс могут принимать отрицательные значения, значительно превосходящие по модулю единицы.

Получены дифференциальные уравнения невозмущенного движения пассивно гравитирующей точки. Найдены частные решения уравнений движения – коллинеарные, треугольные и компланарные точки либрации. Доказано, что скопление газопылевых частиц в окрестности треугольных точек лирации возможно лишь тогда, когда гравитационные силы компонентов звездной пары одновременно превосходят силы их светового давления. Установлено, что других пространственных решений, кроме компланарных точек либрации, в фотогравитационной задаче трех тел с переменными массами не существуют.

Ключевые слова: двойная звезда, фотогравитация, редукция, переменные массы, частица, парусность, световое давление, точки либрации.

Введение

Известно, что более половины звезд в нашей Галактике являются составляющими двойных и тройных звезд или систем звезд еще большей кратности. При этом на тех или иных этапах эволюции звездных систем между их компонентами происходит обмен массами. Следовательно, достаточно совершенной математической моделью для многих астрономических задач, несомненно, является ограниченная задача трех тел, когда массы основных тел не остаются постоянными. Ограниченной задаче трех тел с переменными массами посвящено достаточно большое количество исследований [1]. По-видимому, первой работой, устанавливающей существование эйлеровых и лагранжевых решений плоской ограниченной задачи трех тел с переменными массами является [2]. Пространственный вариант задачи трех тел с переменными массами впервые рассматривались в работе [3]. В настоящей работе рассматривается фотогравитационная ограниченная задача трех тел с переменными массами.

Найдены частные решения уравнений движения – коллинеарные, треугольные и компланарные точки либрации. Скопление частиц в треугольных точках возможно лишь тогда, когда гравитационные силы компонентов звездной пары одновременно превосходят силы их светового давления. В коллинеарных и компланарных точках возможно облачное скопление частиц как с положительными, так и с отрицательными коэффициентами редукции масс двойной звезды. Доказано, что других пространственных решений, кроме компланарных точек либрации, в фотогравитационной задаче трех тел с переменными массами не существуют.

Объект исследования: Стационарные состояния частиц (обладающих значительной парусностью) в фотогравитационном поле двойной звезды с переменными массами.

Предмет исследования: Установление существования коллинеарных, треугольных и компланарных решений.

Цель исследования: Исследование динамики скоплений частиц газопылевых образований в репульсивно-гравитационном поле двойных звезд с переменными массами

Задачи исследования:

1 Получение дифференцияльных уравненй движения пассивно гравитирующей точки в поле двойной звезды.

2 Определение существования частных решений задачи, соответствующих положениям относительного равновесия частиц в поле двойной звезды с переменными и излучающмими массами.

3 Установление существования области скоплений частиц.

Методы и результаты исследования: Использованы методы исследования небесной механики, теории дифференциальных уравнений а также методы компьютерного моделирования.

Основная часть

Постановка задачи. Уравнения невозмущенного движения.

В фотогравитационной небесной механике наряду с силами ньютоновского притяжения F_g учитывается световое давление F_p, исходящее от излучающего тела (звезды) [4]. В ряде случаев световой поток бывает такой интенсивности, что сила F_p конкурирует с силой тяготения F_g, даже превосходит ее по величине. Результирующую силу можно записать в виде [5]:

$$F = F_g - F_p = \frac{fMm}{r^2} - \frac{GS}{r^2} = \frac{fMm}{r^2}\left(1 - \frac{G}{fM}\cdot\frac{S}{m}\right) = F_q q, \qquad (1)$$

где, r – расстояние частицы до звезды массы M, f – гравитационная постоянная, G – интенсивность излучения, S – площадь поперечного сечения частицы, q – коэффициент редукции массы звезды, а отношение S/m называется парусностью частицы. Сила светового давления зависит не только от излучательной способности звезды, но и характеристик (геометрических размеров, плотности, отражательной способности) конкретной частицы. Связь между параметрами звезды и частицы дает коэффициент редукции

$$q = 1 - (1+\varepsilon)A\frac{E}{fM} \qquad (2)$$

здесь, fM – гравитационный параметр звезды, E – коэффициент, характеризующий мощность источника излучения, $A=S/m$– парусность частицы, ε – коэффициент отражения света. Для каждой частицы коэффициент q имеет постоянное значение и характеризует степень восприимчивости частицы к излучению. На достаточно крупные и наиболее плотные частицы с малыми значениями параметров A и ε наибольшее действие оказывает сила тяготения звезды, следовательно, $q > 0$. Для мельчайших частиц с высокими парусностью и коэффициентом отражения действие силы света преобладает над гравитацией ($q < 0$).

Фотогравитационная задача трех тел, введенная в рассмотрение В. В. Радзиевским и позволяющая учесть фактор световой репульсии, стала адекватной динамической моделью для изучения движения микрочастиц в системе, подобной системе Солнце–планета–частица, а также в гравитационно – репульсивном поле двойных звездных систем. В настоящей работе рассматртвается ограниченная задача трех тел с двумя переменными

излучающими массами, некоторые результаты которой были анонсированы в работе [6].

Предположим, что движения основных излучающих тел определяется задачей Гюльдена – Мещерского. Уравнения движения пассивно гравитирующей точки в фотогравитационном поле двойных звезд с переменными массами $m_1(t)$ и $m_2(t)$ во вращающейся вместе с основными телами барицентрической системе координат x, y, z вокруг оси z, направленной в ту сторону, откуда вращение видно происходящим против хода часовой стрелки, могут быть записаны в виде

$$\begin{aligned}
&\ddot{x} - 2\dot{\vartheta}\dot{y} = \dot{\vartheta}^2 x + \ddot{\vartheta} y - \frac{q_1\mu_1}{r_1^3}(x - x_1) - \frac{q_2\mu_2}{r_2^3}(x - x_2),\\
&\ddot{y} + 2\dot{\vartheta}\dot{x} = \dot{\vartheta}^2 y - \ddot{\vartheta} x - \frac{q_1\mu_1}{r_1^3} y - \frac{q_2\mu_2}{r_2^3} y,\\
&\ddot{z} = -\frac{q_1\mu_1}{r_1^3} z - \frac{q_2\mu_2}{r_2^3} z,
\end{aligned} \qquad (3)$$

где, $r_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + y^2 + z^2}$ $(i = 1,2)$ – расстояния пассивно гравитирующей точки $P(x, y, z)$ до основных излучающих тел (звезд) $S_1(x_1, 0, 0)$, $S_2(x_2, 0, 0)$, $\dot{v} = \omega(t)$ угловая скорость обращения тел, $q_1 \in]-\infty, 1]$, $q_2 \in]-\infty, 1]$ – коэффициенты редукции массы звезд, $\mu_1 = fm_1(t)$, $\mu_2 = fm_2(t)$, $\mu = \mu_1 + \mu_2$, f – гравитационная постоянная. Здесь изменение масс звезд считаем происходящим пропорционально друг другу и подчиняющимся закону Мещерского [7]:

$$\mu(t) = \mu_{0'} R(t),\ \mu_1(t) = \mu_{10'} R(t),\ \mu_2(t) = \mu_{20'} R(t), \qquad (4)$$

где $\mu_0, \mu_{10}, \mu_{20}$ – неизменные массы $(\mu_0 = \mu_{10} + \mu_{20},\ \mu_{10} > \mu_{20})$,

$$R(t) = \sqrt{\alpha t^2 + 2\beta t + \gamma}, \quad \alpha, \beta, \gamma \text{ – постоянные величины,}$$

$$\begin{aligned}
&x_1 = -\frac{\mu_2}{\mu}\cdot r = x_{10} R(t), \qquad x_2 = \frac{\mu_1}{\mu} r = x_{20} R(t),\\
&x_{10} = -\frac{\mu_{20}}{\mu_0} r_0, \qquad x_{20} = \frac{\mu_{10}}{\mu_0} r_0.
\end{aligned} \qquad (5)$$

При выполнении объединенного закона Мещерского расстояние r в выражениях (5) определяется уравнениями общей задачи двух тел M_1 и M_2 в полярных координатах

$$\ddot{r} - \frac{C^2}{r^3} + \frac{\mu}{r^2} = 0, \qquad r^2\dot{\vartheta} = C, \tag{6}$$

которые допускают частное решение

$$r(t) = r_0 R(t), \qquad \omega(t) = \omega_0 / R^2(t), \tag{7}$$

где r_0 и ω_0 – постоянные величины, отвечающие соотношениям

$$\begin{cases} \mu_0 / r_0^2 + \alpha\gamma - \beta^2 - \omega_0^2 = 0, \\ r_0^2\omega = C. \end{cases} \tag{8}$$

Система (6) допускает частный интеграл

$$r\mu = \chi C^2, \tag{9}$$

справедливый лишь для множества частных решений (7). Здесь χ – произвольная постоянная. Таким образом, в уравнении (3) величины x_1, x_2, μ_1, μ_2 и $\dot{\vartheta}$ являются известными функциями времени.

Частные решения фотогравитационной ограниченной задачи трех тел с переменными массами

Частное решение исходной системы (3) будем искать в виде

$$x = \xi R(t), \qquad y = \eta R(t), \qquad z = \zeta R(t), \tag{10}$$

где, ξ, η, ζ – подлежащие определению постоянные величины. Подставляя (10) в (3) с учетом (5), после предварительного определения

$$\dot{x} = \xi\frac{\alpha t + \beta}{R}, \quad \dot{y} = \eta\frac{\alpha t + \beta}{R}, \quad \dot{z} = \zeta\frac{\alpha t + \beta}{R},$$
$$\ddot{x} = \xi\frac{\alpha R^2 - a^2}{R^3}, \quad \ddot{y} = \eta\frac{\alpha R^2 - a^2}{R^3}, \quad \ddot{z} = \zeta\frac{\alpha R^2 - a^2}{R^3}.$$
$$\dot{\vartheta} = \omega_0 / R^2, \quad \ddot{\vartheta} = -2\omega_0(\alpha t + \beta)/R^4, \; a = \alpha\gamma - \beta^2,$$
$$R^2 = \alpha t^2 + 2\beta t + \gamma,$$

имеем

$$\begin{aligned} &(a - \omega_0^2)\xi + \frac{q_1\mu_{10}}{\rho_1^3}(\xi - x_{10}) + \frac{q_2\mu_{20}}{\rho_2^3}(\xi - x_{20}) = 0, \\ &(a - \omega_0^2 + \frac{q_1\mu_{10}}{\rho_1^3} + \frac{q_2\mu_{20}}{\rho_2^3})\eta = 0, \\ &(a + \frac{q_1\mu_{10}}{\rho_1^3} + \frac{q_2\mu_{20}}{\rho_2^3})\zeta = 0, \end{aligned} \tag{11}$$

где $\rho_i = \sqrt{(\xi - x_{i0})^2 + \eta^2 + \zeta^2}$ $\qquad (i = 1, 2).$

Заметим, что при *a=0* функция *R(t)* становится линейной функцией времени, а уравнения (11) преобразуются в соответствующие уравнения фотогравитационной ограниченной задачи трех тел с постоянными массами [8, 9].

Для удобства в дальнейшем выберем следующие единицы измерений: за единицу длины примем $r_0 = r(t_0)/R(t_0)$; за единицу массы $\mu_0 / f = [m_1(t_0) + m_2(t_0)]R(t_0) = 1$, т.е. $\mu_0 = f$; единицу времени выберем так, чтобы $\omega_0 = 1$, т.е. $\omega(t_0)\cdot R^2(t_0) = 1$, где t_0 – начальный момент времени. После такого выбора единиц измерения легко получить следующие соотношения

$$\begin{aligned} &\mu_{10} = f(1 - \nu), \quad \mu_{20} = f\nu, \quad f = \chi, \\ &a = \alpha\gamma - \beta^2 = 1 - \chi, \quad C = 1, \quad r_0 = 1. \\ &x_{10} = -\nu, \; x_{20} = 1 - \nu, \quad \mu_0 = f = \chi \end{aligned} \tag{12}$$

Система уравнений с учетом выбранных единиц измерения примет вид:

$$\begin{aligned} &\xi - \frac{q_1(1-\nu)}{\rho_1^3}(\xi+\nu) - \frac{q_2\nu}{\rho_2^3}(\xi+\nu-1) = 0, \\ &(1 - \frac{q_1(1-\nu)}{\rho_1^3} - \frac{q_2\nu}{\rho_2^3})\eta = 0, \\ &(\chi - 1 - \chi\frac{q_1(1-\nu)}{\rho_1^3} - \chi\frac{q_2\nu}{\rho_2^3})\zeta = 0. \end{aligned} \tag{13}$$

здесь $\rho_1 = \sqrt{(\xi-\nu)^2+\eta^2+\zeta^2}$, $\rho_2 = \sqrt{(\xi+\nu-1)^2+\eta^2+\zeta^2}$,

ν – массовый параметр $(0<\nu=1/2)$, $\chi \in]0,\infty[$ при $\alpha>0$ и $\chi \in]1,\infty[$ при $\alpha = 0$.

При $\chi = 1$ уравнение (13) в точности совпадает с соответствующими уравнениями обобщенной пространственной фотогравитационной ограниченной задачи трех тел с постоянными массами, отвечающим ее частным решениям. Для любых других значений χ первые два уравнения системы (13) соответствуют аналогичным уравнениям плоской фотогравитационной задачи трех тел, определяющим семейства коллинеарных и треугольных точек либрации [10]. В качестве сравнительного анализа возможных числовых значений коэффициентов редукции масс звездной пары ниже приводятся (рисунок 1,2) облачные скопления частиц в коллинеарных точках либрации (КТЛ) фотогравитационной ограниченной задачи трех тел с постоянными массами.

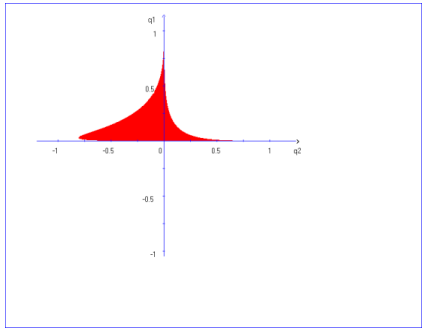


Рисунок 1 – Область скоплений частиц КТЛ для μ=0,01

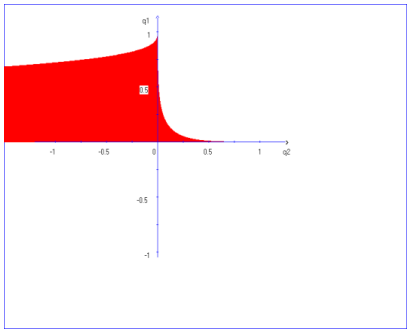


Рисунок 2 – Область скоплений частиц КТЛ для μ=0,0001

Как видно из этих рисунков, в зависимости от интенсивности излучения компонентов звездной пары, коэффициенты редукции масс могут принимать отрицательные значения, значительно превосходящие по модулю единицы (рисунок 2).

Следует заметить, что движение пассивно гравитирующего тела отличается от соответствующего движения в классических задачах и определяется движением основных тел так, что конфигурация всех трех тел всегда остается подобной себе. Последнее уравнение системы (13) отличается от соответствующего уравнения классической задачи наличием слагаемого $\chi - 1$ и коэффициентов редукции q_1, q_2. Таким образом, уравнения (10), отвечающие частному решению исходной системы дифференциальных уравнений невозмущенного движения фотогравитационной ограниченной задачи трех тел с переменными массами, в отличие от соответствующей задачи трех тел с переменными неизлучающими массами, имеющей два свободных параметра ν и χ, содержит еще два дополнительных параметра q_1, q_2.

Приведенные выше интервалы изменения параметров, задаваемые неравенствами относительно ν и χ объясняются аналогичными неравенствами для ν классической задачи и неравенствами для χ из условия положительности масс, расстояний r и функции $R(t)$. Значение же $\chi = 1$, как было отмечено, соответствует первому закону Мещерского.

Для удобства анализа перепишем уравнения (13) в следующем виде:

$$\begin{cases} u\xi - (\frac{q_1}{\rho_1^3} - \frac{q_2}{\rho_2^3})(1-\nu)\nu = 0, \\ u\eta = 0, \\ (1-u\chi)\zeta = 0, \end{cases} \tag{14}$$

где $u = 1 - \frac{q_1(1-\nu)}{\rho_1^3} - \frac{q_2\nu}{\rho_2^3}$.

Определим треугольные точки либрации, расположенные в плоскости ξη орбитального движения основных тел с переменными массами. Полагая в (14) $\xi \neq 0$, $\eta \neq 0$, $\zeta = 0$, имеем, что $u = 0$. Тогда из первого уравнения системы (14) получим выражение

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\rho_1^3}{\rho_2^3}, \tag{15}$$

определяющее семейство треугольных решений, которое возможно, как и в фотогравитационной задаче трех тел с постоянными массами только для положительных значений $q_i\ (i=1,2)$.

Для отыскания компланарных решений, расположенных в плоскости $\xi\zeta$, рассматриваем два первых уравнения (12, 13). Определив выражения для ρ_1^2 и ρ_2^2, затем используя

$$\rho_2^2-\rho_1^2=\left[\frac{q_2\nu\chi}{-\xi+\nu(\chi-1)}\right]^{2/3}-\left[\frac{q_1(1-\nu)\chi}{\xi+(1-\nu)(\chi-1)}\right]^{2/3}=1-2(\xi+\nu), \quad (16)$$

и разрешив (16) относительно одного из коэффициентов редукции, например, q_1, имеем

$$q_1=\pm\left\{\frac{\left[\frac{q_2\nu\chi}{(\chi-1)\nu-\xi}\right]^{2/3}+2(\xi+\nu)-1}{\left[\frac{(1-\nu)\chi}{\xi+(1-\nu)(\chi-1)}\right]^{2/3}}\right\}^{3/2} \quad (17)$$

Это означает, что в фотогравитационной задаче трех тел с переменными массами скопление газопылевых частиц в окрестности треугольных точек возможно лишь тогда, когда гравитационные силы основных излучающих тел одновременно превосходит силы их светового давления.

Далее рассматривая q_1 как функцию ξ для фиксированных значений параметров ν, χ и q_2, на плоскости $q_1\xi$ можно получить семейство кривых, определяющих число и расположение компланарных точек либрации. Поставим теперь задачу определения произвольных пространственных решений, не являющихся компланарными. Полагая $\xi\neq 0, \eta\neq 0,$ и $\zeta\neq 0$, из второго уравнения системы (14) имеем $u=0$. Тогда из третьего уравнения этой же системы следует, что $\zeta=0$, что противоречит нашему предположению.

И так, случай $\xi\neq 0, \eta\neq 0, \zeta\neq 0,$ что соответствует $x\neq 0,\ y\neq 0,\ z\neq 0$ невозможен. Это означает, что пространственных, кроме компланарных решений, в ограниченной фотогравитационной задаче трех тел с переменными массами не существуют.

Выводы

Получены дифференциальные уравнения невозмущенного движения частицы в фотогравитационном поле двойной звезды с переменными массами. Найдены частные решения уравнений движения – коллинеарные,

треугольные и компланарные точки либрации. Скопление частиц в треугольных точках возможно лишь тогда, когда гравитационные силы компонентов звездной пары одновременно превосходят силы их светового давления. В коллинеарных и компланарных точках возможно облачное скопление частиц как с положительными, так и с отрицательными коэффициентами редукции масс двойной звезды. Доказано, что других пространственных решений, кроме компланарных точек либрации, в фотогравитационной задаче трех тел с переменными массами не существуют.

Список использованной литературы

1 **Беков, А. А.** Динамика двойных гравитирующих систем с переменными массами : учебное пособие / А. А. Беков. – Saarbrucken, Deutschland : LAP LAMBERT Academic Publishing. GmbH&Co. KG., 2015. – 224 с.

2 **Беков, А. А.** Динамика двойных нестационарных гравитирующих систем : учебное пособие / А. А. Беков. – Алматы : Ғылым, 2013. – 170 с.

3 **Беков, А. А., Астемесова, К. С., Усипбекова, Д. И.** Об эволюции излучающих двойных систем с переменной массой // Известия НАН РК. Серия физико-математическая. – 2013. – № 4. – С. 70–74.

4 **Усипбекова, Д. И.** Исследование ограниченной нестационарной фотогравитационной задачи двух и трех тел : дисс. на соискание ученой степени доктора философии (PhD) / Д. И. Усипбекова Д. И. – Алматы, 2014. – 121 с.

5 **Турешбаев, А. Т.** Нелинейный анализ устойчивости треугольных точек либрации в обобщенной фотогравитационной плоской задаче трех тел // Математический журнал МОН РК. – 2010. – Т. 10. – № 3(37). – С. 101–106.

6 **Турешбаев, А. Т.** О периодических движениях в фотогравитационной ограниченной задаче трех тел // Математический журнал МОН РК. – 2010. – Т. 10. – № 4 (38). – С. 89–93.

7 **Турешбаев, А. Т.** Об устойчивости треугольных точек либрации фотогравитационной ограниченной задачи трех тел с двумя излучающими массами / Материалы XIII Международной конференции / Устойчивость и колебания нелинейных систем управления. – М. : ИПУ РАН, 2016. – С. 377–380.

8 **Tureshbaev, A. T.** Stability of libration points of the photogravitational restricted three body problem with two radiating masses / International Conference // Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems. IEEE Xplore. Web of Science Core Collection, Scopus. – 2016. [Electronic resource]. – http://ieeexplore.ieee.org/document/7541234/.

9 **Турешбаев, А. Т., Омарова, У. Ш., Мырзаев, Р. С.** Об устойчивости коллинеарных точек либрации в пространственной фотогравитационной задаче трех тел с двумя излучающими массами / Материалы XII Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. – Уфа, 2019. – Т, 1. – С. 135–137.

10 **Турешбаев, А. Т., Омарова, У. Ш., Мырзаев, Р. С.** Об устойчивости компланарных точек либрации и периодические движения в фотогравитационной задаче трех тел / Материалы первой Международной конференции // Проблемы механики и управления. – М. : Издательство МГУ им. Ломоносова, 2018. – С. 396–400.

References

1 **Bekov, A. A.** Dinamika dvojny`x gravitiruyushhix sistem s peremenny`mi massami : [Dynamics of double gravitating systems with variable masses : textbook]. In A. A. Bekov (eds.) – Saarbrucken, Deutschland : LAP LAMBERT Academic Publishing. GmbH&Co. KG., 2015. – 224 p.

2 **Bekov, A. A.** Dinamika dvojny`x nestacionarny`x gravitiruyushhix sistem : uchebnoe posobie [Dynamics of double non-stationary gravitating systems : textbook]. In A. A. Bekov. – Almaty : Gylym, 2013. – 170 p.

3 **Bekov, A. A., Astemesova, K. S., Usipbekova, D. I.** Ob e`volyucii izluchayushhix dvojny`x sistem s peremennoj massoj [The evolution of the emitting binary systems with a variable mass]. In Izvestiya NAS RK. Physics and mathematics series. – 2013. – No. 4. – P. 70–74.

4 **Usipbekova, D. I.** Issledovanie ogranichennoj nestacionarnoj fotogravitacionnoj zadachi dvux i trex tel : diss. na soiskanie uchenoj stepeni doktora filosofii (PhD). [Investigation of a limited non-stationary photogravitational problem of two and three bodies : Diss. for the degree of doctor of philosophy (PhD)]. In D. I. Usypbekova. (eds.) – Almaty, 2014. – 121 p.

5 **Tureshbaev, A. T.** Nelinejny`j analiz ustojchivosti treugol`ny`x tochek libracii v obobshhennoj fotogravitacionnoj ploskoj zadache trex tel [Nonlinear analysis of the stability of the triangular libration points in the generalized photogravitational the planar problem of three bodies. In Matematicheskij zhurnal MON RK. Mathematical journal of the MES RK. – 2010. – Vol. 10. – № 3(37). – P. 101–106.

6 **Tureshbaev, A. T.** O periodicheskix dvizheniyax v fotogravitacionnoj ogranichennoj zadache trex tel [Of periodic motions in photogravitational restricted problem of three bodies. Matematicheskij zhurnal MON RK. In Mathematical journal of the MES RK]. – 2010. – T. 10. – № 4 (38). – P. 89–93.].

7 **Tureshbaev, A. T.** Ob ustojchivosti treugol`ny`x tochek libracii fotogravitacionnoj ogranichennoj zadachi trex tel s dvumya izluchayushhimi massami [On stability of triangular libration points photogravitational the restricted problem of three bodies with two radiating masses] In Proceedings of the XIII International conference «Stability and oscillations of nonlinear control systems». – M. : IPU Russian Academy of Sciences, 2016. – P. 377–380.

8 **Tureshbaev, A. T.** Stability of libration points of the photogravitational restricted three body problem with two radiating masses. In International Conference «Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems». IEEE Xplore. Web of Science Core Collection, Scopus. – 2016. [Electronic resource]. – http://ieeexplore.ieee.org/document/7541234/.

9 **Tureshbaev, A. T., Omarova, U. Sh., Myrzaev, R. S.** Ob ustojchivosti kollinearny`x tochek libracii v prostranstvennoj fotogravitacionnoj zadache trex tel s dvumya izluchayushhimi massami [On the stability of collinear libration points in the spatial photogravitational problem of three bodies with two radiating masses]. In proceedings of the XII all-Russian Congress on fundamental problems of theoretical and applied mechanics. – Ufa, 2019. – Vol. 1. – P. 135–137.

10 **Tureshbaev, A. T., Omarova, U. Sh., Myrzaev, R. S.** Ob ustojchivosti komplanarny`x tochek libracii i periodicheskie dvizheniya v fotogravitacionnoj zadache trex tel: [On the stability of coplanar libration points and periodic motions in the photogravitational problem of three bodies]. In Proceedings of the first International conference // Problems of mechanics and control. – Moscow : Lomonosov Moscow State University Publishing House, 2018. – P. 396–400.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

А. Т. Турешбаев, Н. А. Турлугулова

Айнымалы және сәуле шығаратын массалары бар шектелген үш дене есебінің дербес шешімдері туралы

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті,
Қазақстан Республикасы, Қызылорда қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

A. T. Tureshbaev, N. A. Turlugulova

On private solutions of the limited three body problem with variable and radiating masses

Korkyt Ata Kyzylorda University,
Republic of Kazakhstan, Kyzylorda.
Material received on 30.09.20.

Бұл жұмыста массалары айнымалы фотогравитациялық шектелген үшдене есебі қарастырылады.

Бұл ретте бөлшектерге әсерететін жарық қысымының күші жұлдыздың сәуле шығаруқа білетіне гана емес, сонымен қатар бөлшектің нақты сипаттамаларына (геометриялық өлшемдерге, тығыздығына, жарықтың шағылысу қабілетіне) байланысты. Айтарлықтай үлкен және тығыздығы өте жоғары болатын бөлшектерге әсерететін жұлдыздың гравитациялық тарту күші жарық қысымы күшіне қарағанда басым болады, демек, q> 0. Жоғары желкенді және шағылысу коэффициенті өте үлкен болатын өте майда бөлшектер үшін жарық күшінің әсері гравитациялық күштен анағұрлы артық болады (q < 0).

Қос жұлдыз компоненттерінің жарық шығару қарқындылығына байланысты массалардың редукцилық коэффициенттері модульдері бойынша бірлік мәннен едәуір үлкен теріс мәндерді қабылдай алады.

Пассивті гравитациялық нүктенің ауытқымаған қозғалысының дифференциалдық теңдеулері алынды. Қозғалыс теңдеулерінің дербес шешімдері – коллинеарлық, үшбұрыштық және компланарлық либрациялық нүктелері табылды. Үшбұрыштық нүктелер төңірегінде газ-тозаңды бөлшектердің шоғырлануы қос жұлдыз компоненттерінің гравитациялық күштері олардың жарық қысымы күшінен асып түсетін кезде гана мүмкін болатындығы дәлелденді. Массалары айнымалы фотогравитациялық үш дене есебінде компланарлық либерациялық нүктелерден басқа кеңістіктік шешімдер болмайтындығы анықталды.

Кілтті сөздер: қос жұлдызфотогравитация, редукция, ауыспалы массалар, бөлшек, желкенділік сәулелі қысым, либрация нүктесі.

The work considers the photogravitational limited three-body problem with variable masses. In this case, the light pressure force acting on the particle depends not only on the emissivity of the star, but also on the characteristics (geometric dimensions, density, reflectivity) of a particular particle. For sufficiently large and most dense particles, the star's gravity exerts the greatest effect, therefore, q> 0. For the smallest particles with high windage and reflection coefficient, the effect of light prevails over gravity (q <0).

Depending on the radiation intensity of the components of the stellar pair, the mass reduction coefficients can take negative values, significantly exceeding unity in absolute value.

Differential equations of the unperturbed motion of a passively gravitating point are obtained. Particular solutions of the equations of motion – collinear, triangular, and coplanar libration points – are found. It is proved that the accumulation of gas and dust particles in the vicinity of Lagrangian points is possible only when the gravitational forces of the components of the stellar pair simultaneously exceed the forces of their light pressure. It is established that there are no other spatial solutions in the photogravitational problem of three bodies with variable masses other than coplanar libration points.

Keywords: double star, photogravitation, reduction, variable masses, particle, windage, light pressure, libration points.

SRSTI 73.43.81

https://doi.org/10.48081/BNTC9300

L. B. Tyulyugenova, B. K. Shapkenov
Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar

COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTROMECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE ELECTRIC DRIVE OF URBAN RAIL TRANSPORT

This article describes a schematic diagram of the power electric circuits of tram electric motors, technical characteristics of tram engines, as well as operating modes of traction motors, depending on their design, a comparison between the different types of tramcars.

Keywords: tramcar, trolley, current, voltage, current overload, short circuit, engine.

INTRODUCTION

Currently, five different types of tramcars are operated on the routes of Pavlodar: KTM 71-605, KTM 71-608K, KTM 71-608KM, KTM 71-623 and AKCM-802. By the nature of the operation of the rolling stock of urban electric vehicles, the launch of traction engines occurs under load. In addition, the traction motor must have a wide range of speed control. A relatively small speed of rotation of the engine armature is necessary at high loads (pulling away and accelerating), and as the load on the shaft decreases, the rotation speed must reach the rated speed and then exceed it by 2–2.5 times. With increasing resistance to movement, for example, when the rolling stock moves on a rise, the traction force increases and, therefore, the current consumption and the speed of movement should automatically decrease.

Most of all these requirements are satisfied by engines with series and compound wound, in which the magnetic flux increases with increasing current in the armature, due to which the necessary starting torques are realized at relatively low currents and speeds, and when the load decreases, the magnetic flux decreases, and the motor armature speed increases [1].

Research object: urban electric transport.

Subject of the study: comparison between the different types of tramcars.

Purpose: identify the most advanced types of trams.

Objective: analyze the technical characteristics of trams.

Research methods and results: analysis, description, observation.

A comparison between the different types of tramcars is given in the table 1. On tram cars, the number of tractive motors depends on the number of driving axles. Modern four-axle tram cars most often have four tractive motors, which are connected in two groups. In each group, two engines are connected in series. When starting and driving at low speeds, motor groups can be switched on in series, and then in parallel to increase the speed of movement. The engines of four-axle tram cars are designed for half the voltage of the contact network – 275 V, but their isolation is carried out on the total voltage of 600 V [2].

During operation, the engine heats up, and the greater its load, the greater the loss of power and heating of the electric machine. The permissible payload of an electric machine is limited mainly by its heating.

Severe operating conditions of traction engines determine the features of their design.

The need to fit an engine of relatively high power (up to 150 kW) in a limited space under the body of a rolling stock requires a significant reduction in the size of the engine and thereby increase its electromagnetic loads.

Due to the fact that during the operation of traction engines there are frequent mechanical, thermal and electrical overloads, sharp changes in the ambient temperature, shaking and tremors, dust and moisture, during the development of their design provide increased electrical and mechanical strength of parts and assemblies, heat-resistant and moisture-proof insulation of live parts and windings, stable switching of motors [3].

Table 1 – Technical characteristics of tramcars

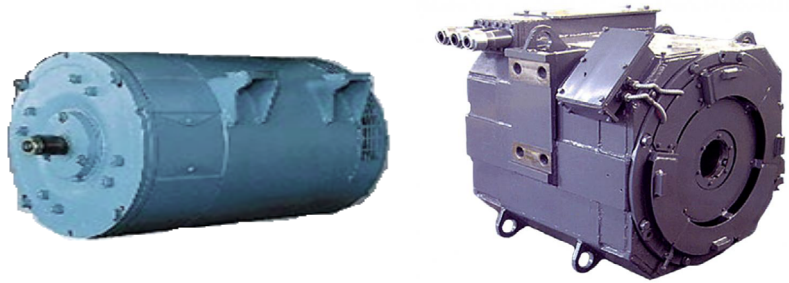
Tramcar model	Year of manufacture	Factory manufacturer	Quantity in Pavlodar	Weight, t	Maximum speed (km / h)	Engine type	Power of electric motors, kW
1	2	3	4	5	6	7	8
KTM 71-605	1971-1986	Ust-Katav Car-Building Plant named after S. M. Kirov	78	18,65	75	4 × ДК-259	4x45 180

КТМ 71-608К КТМ 71-608КМ	1992-1996	Ust-Katav Car-Building Plant named after S. M. Kirov	13	19,99	75	4хКР-252 (в модификации КМ ДК-259)	4x50 200
1	2	3	4	5	6	7	8
КТМ 71-619 (КТМ-19)	1999-2012	Ust-Katav Car-Building Plant named after S. M. Kirov	1	19,5	75	4хТАД-21	4x50 200
КТМ 71-623	2012-2015	Ust-Katav Car-Building Plant named after S. M. Kirov	7	22	75	4хТАД-21	4x50 200
АКСМ-802 (БКМ-802)	2017, 2018	Belkommunmash	12	19,3	65	4хТАД-21	4x50 200
Татра Т2	1955-1962	Českomoravská Kolben-Daněk	0	18,1	60	4×ТМ 22	4×40 160
Tatra T3	1962-1999	ČKD Tatra	0	17	65	4×ТЕ 022	4x45 180
1	2	3	4	5	6	7	8
Татра Т4	1967-1987	ČKD — Českomoravská Kolben-Daněk)	0	16	65	4×ТЕ 022	4x40 160

Tatra RT6N1	1996-1998	ČKD Tatra		32,85	60	ТЕ 028А01, ТЕ 028А02	4x104 416
Tatra T6B5	1983-2007	ČKD Praha	0	18,9	75	ТЕ 023	4x45 180

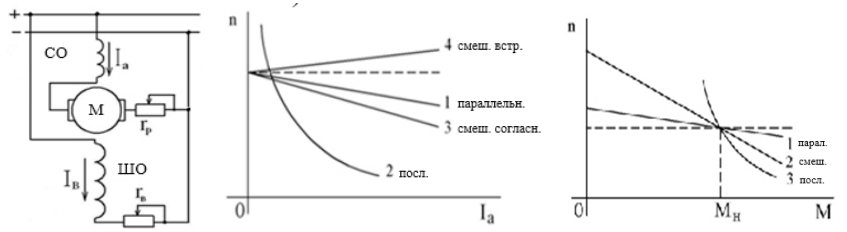
The КТМ 71-605 wagon, which is most widely used in Pavlodar, has four M1-M4 tractive motors (Figure 1, a) of the DK-259G-3 type (table 1) with mixed excitation and an hourly power of 45 kW with low-speed characteristics. The motors are connected in two parallel groups of two series-connected motors in each group. A schematic diagram of the power electric circuits of the traction electric motors of the KTM-5M3 tram is shown in the figure 1.

Traction motors of individual tram trolleys of the KTM series (figure 2, b) are connected in series and controlled by a single thyristor pulse Converter. Protection is provided by the regulatory capabilities of the pulse thyristor Converter.



a) b)

Figure 1 – Traction motors:
a) direct current DK-259G -3; b) AC current ТАД-21



a) b) c)

Figure 2 − DC electric drive: ДК-259 Г-3 engine and its characteristics: a − Scheme of the mixed excitation electric motor ДК-259 Г-3; b) speed characteristics of tram engines n=f (I_a) at U=$U_н$ and $I_в$=const (here $I_в$ – is the current in the parallel winding); c) mechanical characteristics of tram engines n=f (M) at U=$U_н$ and $I_в$=const

When the excitation windings are switched on, their magnetomotive forces are added together and the resulting flow of F is approximately equal to the sum of the flows created by both windings. In case of counter-activation, the resulting flow is equal to the difference between the parallel and serial windings. In accordance with this, the properties and characteristics of the mixed excitation motor depend on the method of switching on the windings and on the ratio of their magnetomotive forces.

As the load increases, the resulting magnetic flux increases when the windings are switched on, but to a lesser extent than that of a sequential excitation engine, so the speed characteristic in this case is softer than that of a parallel excitation engine, but more rigid than that of a serial excitation engine.

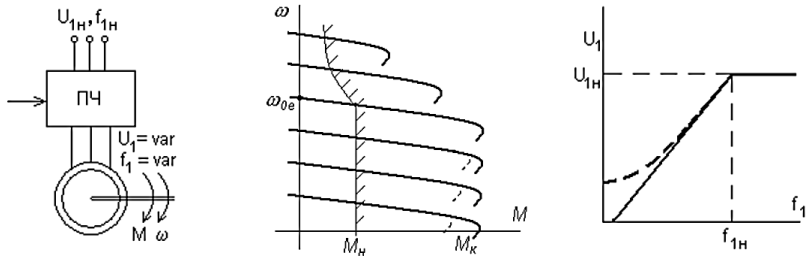
The ratio between the magnetomotive forces of windings can vary widely. Motors with a weak sequential winding have a weakly falling speed characteristic (curve 3, figure 2, b).

The greater the share of the sequential winding in the create [4]on of the magnetomotive forces, the closer the speed characteristic approaches the characteristic of the sequential excitation motor. In figure 2, b, line 3 the line represents one of the intermediate characteristics of a mixed-excitation motor and for comparison, the characteristic of a sequential -excitation motor is given (curve 2) [5, 6].

When the serial winding is switched on in reverse (figure 2, b), the resulting magnetic flux decreases with increasing load, which leads to an increase in the motor speed (curve 4). With this speed characteristic, the motor operation may be unstable, since the sequential winding flow can significantly reduce the resulting magnetic flux. Therefore, motors with counter-windings are not used.

The speed characteristic of a mixed-excitation DC motor (figure 2, b) is located between the mechanical characteristics of parallel (curve 1) and sequential (curve 3) excitation motors. By selecting the magnetomotive force of both windings accordingly, you can get an electric motor with a characteristic close to that of a parallel or sequential excitation motor.

Operated in the number of 23 units in Pavlodar, the АКСМ-802 tram is equipped with two motor trolleys with 4 TAD-21 asynchronous motors each with a capacity of 50 kW (table 1). The electronic control system on IGBT power transistor modules allows you to adjust the speed and power within a wide range. Thus, when the speed is adjusted from 0 to the nominal speed, the Mn moment practically does not change (figure 3, b). When the nominal speed is exceeded, the moment falls, but the characteristic is quite satisfactory.



b) c)

Figure 3 − Asynchronous electric drive with Converter: a) Diagram of a frequency-controlled electric drive, b) mechanical characteristics, c) voltage dependence on frequency

The use of power transistor IGBT modules makes it possible to reduce high-frequency losses when switching the load current in comparison with thyristor PWMs.

Conclusions

Due to the steeply falling nature of the speed characteristics of engines with sequential excitation of trams n = f(I_a), the use of DC motors with sequential excitation in traction transport is limited, since a slight increase in the load leads to a sharp decrease in the speed and power of DC motors.

The use of sequential excitation engines is limited in traction electric vehicles, because when using them for regenerative braking, an additional exciter machine is required.

The use of mixed excitation motors on KTM-5M3 trams is due to the high speed control limit due to the possibility of changing the current in the parallel

excitation winding. Increasing the field by increasing the current reduces the power consumption during start-up and at the same time increases the braking effect. The change in movement at high speeds of the car occurs when there is a slight current in the parallel excitation winding or when it is switched off, i.e. only with sequential excitation.

The use of sequential excitation engines makes it possible to obtain energy savings during regenerative braking in cities with a mountainous profile.

The use of asynchronous traction motors on IGBT transistors can significantly reduce the cost of the electric drive due to the use of AD, but increases the cost due to the frequency Converter, provides the necessary traction and speed characteristics.

References

1 Operating Manual for tram car 71-605.

2 **Kaidar, M. B., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Shonayev, D. T., Asylov, N. E., Asylova, Zh. E., Tyulyugenova, L. B.** Zashchita tyagovykh tramvaynykh setey. In Materials of the international scientific conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XVII Satpayev readings». – Pavlodar: S. Toraighyrov PSU, 2018. – Additional volume. – P. 223–230.

3 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Tyulyugenova, L. B., Shonaev, D. T., Asylova, Zh. E., Asylov, N. E.** Aspects on the simulation model of an electric transportation system. In Proceedings of the international scientific conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XVII Satpayev readings». – Pavlodar : S. Toraighyrov PSU, 2018. – Additional volume. – P. 258–270.

4 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Zhumadirova, A. K., Gabdulov, A. O., Tyulyugenova, L. B., Shonaev, D. T., Asylova, Zh. E., Asylov, N. E.** Modular model structure of multi-motor vehicle. In Materials of the international scientific conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XVII Satpayev readings». – Pavlodar : S. Toraighyrov PSU, 2018. – Additional volume. – P. 290–295.

5 **Markovskiy, V. P., Kaidar, M. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Tyulyugenova, L. B.** Circuit model of the traction electrification system. In «XI Toraiǵyrov oqýlary» : halyqaralyq ǵylymi-tajiribelik konferensiasynyń materialdary. – Pavlodar : S. Toraigyrov atyndagy PMU, 2019. No. 4. P. 209–217. – ISBN 978-601-238-994-4 (Vol. 4).

6 **Kaidar, A. B., Kaidar, M. B., Markovskiy, V. P., Shapkenov, B. K., Zhumadirova, A. K., Tyulyugenova, L. B.** Electrical safety research

systems DC systems. «XI Toraiǵyrov oqýlary» : halyqaralyq ǵylymi-tajiribelik konferensiasynyń materialdary. – Pavlodar : S. Toraigyrov atyndagy PMU, 2019. No. 4. – P. 155–162. – ISBN 978-601-238-994-4 (Vol. 4)

Material received on 30.09.20.

Л. Б. Тюлюгенова, Б. Қ. Шапкенов

Қалалық теміржол көлігінің электр жетегінің электромеханикалық сипаттамаларын салыстырмалы талдау

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

Л. Б. Тюлюгенова, Б. К. Шапкенов

Сравнительный анализ электромеханических характеристик электропривода городского рельсового транспорта

Университет Торайгырова,
Республика Казахстан, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Бұл мақалада трамвай Электр қозғалтқыштарының Электр тізбектерінің схемалық диаграммасы, трамвай қозғалтқыштарының техникалық сипаттамалары, сондай-ақ олардың дизайнына байланысты тартқыш Электр қозғалтқыштарының жұмыс режимдері сипатталған, трамвай вагондарының әртүрлі түрлері арасында салыстыру жүргізілді.

Кілтті сөздер: трамвай, троллей, ток, кернеу, шамадан тыс ток, қысқа тұйықталу, қозғалтқыш.

В данной статье описана принципиальная схема силовых электрических цепей трамвайных электродвигателей, технические характеристики трамвайных двигателей, а также режимы работы тяговых электродвигателей в зависимости от их конструкции, проведено сравнение между различными типами трамвайных вагонов.

Ключевые слова: трамвай, троллей, ток, напряжение, перегрузка по току, короткое замыкание, двигатель.

SRSTI 44.39

https://doi.org/10.48081/PNAY2073

S. K. Sheryazov[1], S. S. Isenov[2], A. B. Kaidar[3]
[1]Ural State Agrarian University,
Russian Federation, Chelyabinsk;
[2]S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan;
[3]«Alstom, EKZ» Company,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan

CLASSIFICATION OF WIND ENERGY CONVERSION SYSTEMS

The article analyzes the role, place and features of functioning of wind power plants. Several variants of generators and schemes for converting wind energy into electrical energy are given. A detailed analysis of existing wind units is provided. Recommendations are given for improving the reliability of wind power installations in smart grids.

Keywords: wind farms, wind turbines, fixed speed wind turbines, asynchronous generator wind turbine, with dual power supply, variable.

INTRODUCTION

Kazakhstan is exceptionally rich in wind resources. About 50 % of the territory of Kazakhstan has an average annual wind speed of 4-5 m/s, and a number of districts have a wind speed of 6 m/s or more, which determines very good prospects for the use of wind energy. According to some data the theoretical wind potential of Kazakhstan is about 1820 billion kWh per year. Given the power density of the wind farm at the level of 10 MW/km^2 and the presence of significant free spaces, it is possible to assume the possibility of installing several thousand MW of wind farm capacity in Kazakhstan.

Research object: wind generators for autonomous power supply systems.

Subject of the study: modern structures for building a wind generator.

Purpose: show the most efficient wind generator systems. Analyze the role place and features of functioning of wind power plants.

Objective: factors for improving the reliability of wind power plants in smart grids.

Research methods and results: analysis, description, observation.

Various types of wind turbine-generator categories have predominated the power system application in the last decade. These types are classified and explained in [1] and [2].

There are different winds turbines generator are currently in use, classified according to the combinations between their parts and the output power converted [3, 4].

Type 1: Fixed Speed Wind Turbine Concept

Figure 1 shows a fixed speed induction generator used in WECS without power converter interface. In this configuration a starting device and step up transformer are used to connect the generator to the grid [5–6]. This is a primary and oldest technology that developed the wind turbines system. In highly converted power of WECS, the simple types of SCIG consists of 4 or 6 poles in order to operate with the rated frequencies of 50 Hz.

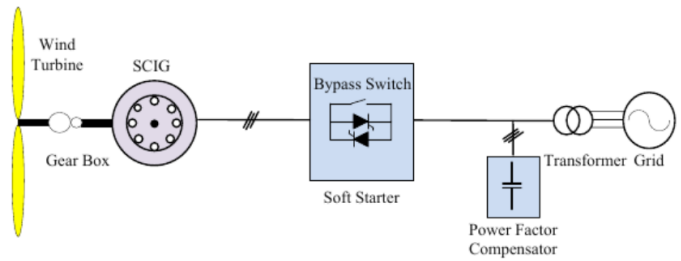


Figure 1 – Type 3 grid-connected Fixed speed SCIG WECS

The variation in rotational speed of generator is limited and approximately within 1 % of rated speed at different values of wind speeds. Therefore this type of WECS is called fixed-speed [2]. Practically, a gearbox can be used for matching the speed error between the turbine and generator. The starter device can be bypassed after starting by a switch, where the system basically works without need to the converter device.

This type of generator configuration draws a valuable amount of reactive power by the grid. To recover this situation, three-phase banks of capacitors operate as a compensator device are usually applied. The features of this configuration is simple, reliable operation and low initial costs while the main drawbacks can be addressed as: (I) lower efficiency in energy conversion; (II) the variations of the wind speed will be transferred to the grid side; and finally (III) any faults in grid side will cause huge tension on the mechanical parts of the wind turbine. This configuration of WECS is operated with auxiliary devices, like Static Compensator (STATCOM), in order to improve the operation performance and finally converge the grid code requirements [1, 5–6].

Type 2: Variable speed wind turbine with variable rotor resistance

Applying the variable speed of wind turbine generator configuration will lead to increase the efficiency of conversion process, and decrease mechanical tension which may be effected by the wind gusts, and finally decrease the bearings friction and the maintenance requirements, which finally increases the life the system at all. The wind energy system of semi-variable speed are using wound rotor type of IG and partial 10 % of rated power conversion is shown in Figure 1. The configuration of this type uses the principle of variation of the rotor resistance which affects the characteristic of torque and speed of the generator and acquiring the operation of variable speed wind turbine. The rotor resistance can be adjusted by a power converter which consists the combination of diode-rectifier and chopper circuit. This configuration is usually called Opti-slip control [4]. The range of speed adjustment is limited to be within ±10 % of its nominal speed. The operation under variable speed will enable to capture wind energy efficiently, though the existence of power losses in the generator resistance.

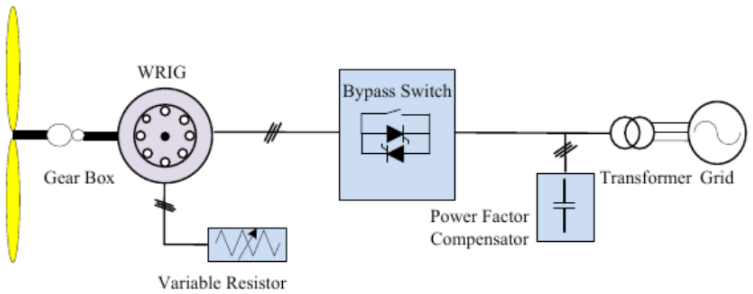


Figure 2 – Type 2 grid-connected semi-variable speed WRIG WECS

In this type, it is necessary to use soft starter, gearbox, and compensation devices of reactive power.

Type 3: Doubly-Fed Induction Generator Wind Turbine

This limited-variable speed configuration WECS applying DFIG is shown in Figure 3. The principle and operation of this type implies that the generated power is supplied to the grid by two windings, stator and rotor. A part of the converter rated power can be utilized in rotor circuit to recover the slip power, which is around 30 % of the generator rated value [5–6].

Similar to those in Types 1 and 2 wind turbines, the gearbox is also used in Type 3 configuration to obtain the required rotation speed of the rotor. At the same time, there is no need to existence the reactive power compensation devices and a soft starter in this type [5].

The power converters are used to allow bidirectional power penetration in the rotor part and increases the range generator speed.

The overall power conversion efficiency can be improved via these features to perform Maximum Power Point Tracking (MPPT) [5, 6], and increase in the speed around 30 %, may enhance the dynamic performance and strengthen the robustness against the system disturbances which are not available the Types 1 and 2 turbines [5–6]. These features enabled this type of induction machine to be one of the dominating technologies in modern electric market sharing approximately 50 % [6]. The capability to FRT is limited because the partial transfer of power. Existing of the gearbox will increase the weight of the system and overall turbine cost as well as demanding continuous maintenance.

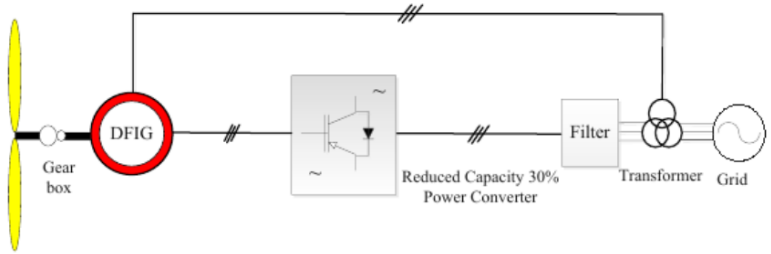


Figure 3 – Type 3 grid-connected semi-variable speed DFIG WECS

Moreover, the brushes and slip rings are needed to connect the power converter to the rotor windings through them. Regular maintenance is fundamental in these types of turbines due to ageing of brushes approximately is 6–12 months, that should be replaced periodically.

These main drawbacks restricted these types of turbines being used in offshore wind farms due to highly expensive maintenance cost.

Type 4: Variable Speed Wind Turbine with Full-Scale Converter

Using of full-scale 100 % power converters will greatly enhance the performance of WECS as shown in Figure 4. The types of SCIG, WRSG and PMSG can be applied in this configuration with a wide range of power rating reach to 8 megawatts. Since the rating of the power converters should be the same as generator rating, therefore the cost, complexity of system configuration and then the size will be increased. For this reason the losses of power converters are higher causing reduction in the efficiency of this type [5–6].

However, in this type of full power conversion, the generator and converters are fully separated from the grid, and generate full rated power during the operation at wide range of rotor speed 0 to 100 %. The power converters is also

needed to compensate the reactive power and obtain smooth active power [4]. The efficiency of WECS is higher in these turbines than other types [5–6]. The best FRT compliance also can be improved and obtained without external equipment. Although the power converter cost is slightly high, it will be a small fraction; within 7 %–12 %; of overall equipment cost. By using high number of pole pairs for all types of PMSG, the turbine gearbox can be deleted [3–4].

This type of WECS is more strong against power system disturbances in comparison with the types 1, 2, and 3 wind systems.

The principle of distributed drive train is applied in developed large scale Type 4 wind system. Although WRSG and SCIG can be applied in this principle, the PMSG showed good operational performance because it removes the slip rings and brushes which provides simple design [2]. The gearbox is capable to drive multiple generators at higher speeds, therefore high power density can be obtained by the distributed drive-train and multiple generators.

Some configuration also shows effective fault tolerant in various operational conditions.

The other three converters can still deliver the power to the grid in case of failure of one converter [2]. Applying a multi-winding transformer on the grid-side leads to minimize the circulating currents and reduction in harmonics. Complicated drive-train regarded as the main disadvantage with this configuration, for this reason the designers use multi poles generator to keep the angular frequency within the rated value and eliminate the drive train.

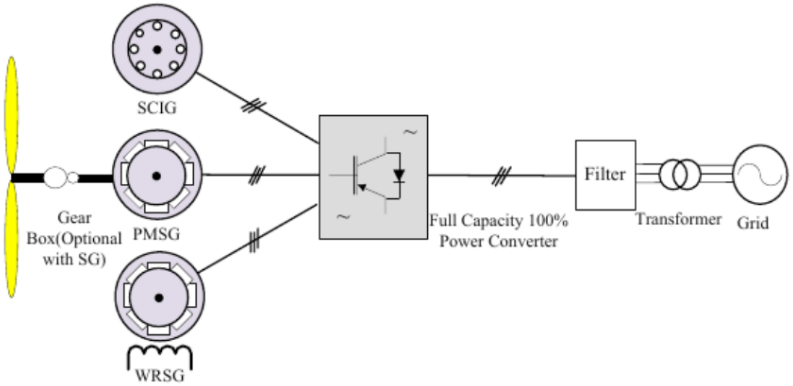


Figure 4 – Type 4 grid-connected variable speed WECS

Comparison between WECS types

The Type 3 turbines (DFIG) have been used by seven manufacturers among the top ten companies because it hold the highest market share. Approximately

100 various types of DFIG turbine models are utilized and manufactured by all the wind turbine companies.

Few of these companies produce Type 4 turbines, however very little of them are dealing with direct drive solutions. It is shown by review that the best selling and utilization of wind turbines in the electric power markets use Types 3 and 4 technologies. It is expected during coming few years that Type 4 configuration would dominate the electric power market and will have main priority in the future projects which will be held by the manufacturing companies. A brief description of all types of turbines and their manufacturing companies have been explained in detail in [7–8].

The comparison have been made depends upon electrical issues such as generator; power converters; capacity of power converter; and external reactive power compensation; compliance with the fault ride-through requirement; requirement for soft-starter, and mechanical and control issues such as gearbox and MPPT ability; aerodynamic power control, speed variety achievable; technology situation; and market penetration.

Generally, the Types 3 and 4 turbines are most suitable for large scale power grid connection and their utilizations.

Conclusions

A fixed speed induction generator used in WECS without power converter interface draws a valuable amount of reactive power by the grid. The features of this configuration is simple, reliable operation.

Applying the variable speed of wind turbine generator configuration will lead to increase the efficiency of conversion process, and decrease mechanical tension which may be effected by the wind gusts, and finally decrease the bearings friction and the maintenance requirements, which finally increases the life the system at all.

Doubly-Fed Induction Generator Wind Turbine. The overall power conversion efficiency can be improved via these features to perform Maximum Power Point Tracking (MPPT), and increase in the speed around 30%, may enhance the dynamic performance and strengthen the robustness against the system disturbances which are not available the Types 1 and 2 turbines. Existing of the gearbox will increase the weight of the system and overall turbine cost as well as demanding continuous maintenance.

Type 4: Variable Speed Wind Turbine with Full-Scale Converter

Using of full-scale 100 % power converters will greatly enhance the performance of WECS Although the power converter cost is slightly high, it will be a small fraction; within 7 %–12 % of overall equipment cost . By using high number of pole pairs for all types of PMSG, the turbine gearbox can be deleted.

This type of WECS is more strong against power system disturbances in comparison with the types 1, 2, and 3 wind systems.

It is shown by review that the best selling and utilization of wind turbines in the electric power markets use Types 3 and 4 technologies. It is expected during coming few years that Type 4 configuration would dominate the electric power market and will have main priority in the future projects which will be held by the manufacturing companies.

References

1 Жел-күн электрлік станциялар : Монография / С. Б. Сейтказин, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар, Б. К. Шапкенов, М. С. Бектурсунова, − Павлодар : Кереку, 2019. – 175 б. – ISBN 978-601-238-894-4.

2 **Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кислов, А. П., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Нефтисов, А. В., Волгин, М. Е., Бейсембаев, Б. У.** Топология силовой части многоуровневых преобразователей электрической энергии для автономных электроэнергетических систем / «XIX Сәтбаев оқулары» жас ғалымдар, магистранттар, студенттер мен мектеп оқушыларының : халықар. ғыл. конф. мат-дары Академик Қ. И. Сәтбаевтың 120 жылдығына арналған. – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2019. – ISBN 978-601-238-907-4 Т. 12 «Студенттер». – 2019. – 296 б. Б. 155–162. – ISBN 978-601-238-919-7.

3 **Кислов, А. П., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Жумадирова, А. К., Бейсембаев, Б. У.** Анализ требований, предъявляемых к системам автономного электропитания с учетом обеспечения электромагнитной совместимости / «XIX Сәтбаев оқулары» жас ғалымдар, магистранттар, студенттер мен мектеп оқушыларының : халықар. ғыл. конф. мат-дары Академик Қ. И. Сәтбаевтың 120 жылдығына арналған. – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2019. – ISBN 978-601-238-907-4 Т. 21 «Жас ғалымдар». – 2019. – 420 б. – ISBN 978-601-238-930-2.

4 Необходимость применения аккумуляторных накопителей в электроснабжении на основе возобновляемых источников / Кислов, А. П., Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К. // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 2. – С. 112–117.

5 **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 «VII Торайгыровские чтения. Качество жизни в Павлодарской области. Состояние и перспективы», посвященной 55-летию Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова. – Павлодар, 2015. Т. 5. – С. 293–298. – ISBN 978-601-238-552-6.

6 Экспериментальные исследования инвертора с широтно-импульсной модуляцией для систем электроснабжения в возобновляемыми источниками энергии / Кайдар, А. Б., Копырин, В. С., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П. // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 137–143.

7 Оценка средних и действующих значений тока, мощности статических потерь на этапах коммутации инвертора с широтно-импульсной модуляцией для систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии / А. Б. Кайдар, Б. К. Шапкенов, В. П. Марковский // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 3. – С. 129–137.

8 Turbulent wind component using Kaimal s function = Турбулентная составляющая ветра с функцией Kaimal / Sarsikeyev, Y. Zh., Kaidar, A. B., Lukutin, B. V., Obukhov, S. G., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M., Y. Zh. Sarsikeyev // ПМУ хабаршысы=Вестник ПГУ. Сер. Энергетическая. – 2014. – № 4. – Р. 120–125.

References

1 Zhel-kyn elektrlik stanciyalar : Monografiya. [Wind and solar power stations] In S. B. Sejtkazin, A. B. Kajdar, M. B. Kajdar, B. K. Shapkenov, M. S. Bektursunova. (eds.) Pavlodar : Kereku, 2019. – 175 p. ISBN 978-601-238-894-4.

2 **Shapkenov, B. K., Markovskij, V. P., Kislov, A. P., Kajdar, M. B., Kajdar, A. B., Neftisov, A. V., Volgin, M. E., Bejsembaev, B. U.** Topologiya silovoj chasti mnogourovnevyh preobrazovatelej elektricheskoj energii dlya avtonomnyh elektroenergeticheskih sistem [Topology of power parts of multi-branch electric power converters for Autonomous electric power systems].

3 **Kislov, A. P., Shapkenov, B. K., Markovskij, V. P., Kajdar, M. B., Kajdar, A. B., Zhumadirova, A. K., Bejsembaev, B. U.** Analiz trebovanij, pred'yavlyaemyh k sistemam avtonomnogo elektropitaniya s uchetom obespecheniya elektromagnitnoj sovmestimosti, [Analysis of requirements for Autonomous power supply systems, taking into account electromagnetic compatibility].

4 Neobhodimost' primeneniya akkumulyatornyh nakopitelej v elektrosnabzhenii na osnove vozobnovlyaemyh istochnikov [The need to use battery storage devices in power supply based on renewable sources]. Kislov, A. P., Kajdar, A. B., Markovskij, V. P., Shapkenov, B. K. (eds.). In PMU habarshysy=Vestnik PGU. Ser. Energeticheskaya. – 2014. – № 2. – P. 112–117.

5 **Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Kislov, A. P., Markovskij, V. P., Zhumadirova, A. K., Shahman, E. T.** Energoeffektivnye vetrogeneratory s uluchshennymi energeticheskimi pokazatelyami [Energy-efficient wind generators

with improved energy performance. Collection of the International scientific and practical conference «VII Toraighyrov readings. Quality of life in Pavlodar region. State and prospects», dedicated to the 55th anniversary of S. Toraighyrov Pavlodar state University]. – Pavlodar, 2015. T. 5. – P. 293–298. – ISBN 978-601-238-552-6.

6 **Kajdar, A. B., Kopyrin, V. S., Shapkenov, B. K., Markovskij, V. P.** Eksperimental'nye issledovaniya invertora s shirotno-impul'snoj modulyaciej dlya sistem elektrosnabzheniya v vozobnovlyaemymi istochnikami energii [Experimental studies of an inverter with pulse-width modulation for power supply systems in renewable energy sources]. In PMU habarshysy=Vestnik PGU. Ser. Energeticheskaya. – 2014. – № 3. – P. 137–143.

7 **Kajdar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovskij, V. P.** Ocenka srednih i dejstvuyushchih znachenij toka, moshchnosti staticheskih poter' na etapah kommutacii invertora s shirotno-impul'snoj modulyaciej dlya sistem elektrosnabzheniya s vozobnovlyaemymi istochnikami energii [Estimation of average and effective values of current, power of static losses at the switching stages of an inverter with pulse-width modulation for power supply systems with renewable energy sources]. In PMU khabarshysy=Vestnik PGU. Ser. Energeticheskaya. – 2014. – No. 3. – Pp. 129–137.

8 Turbulentnaya sostavlyayushchaya vetra s funkciej Kaimal Turbulent wind component using Kaimal s function. In [Sarsikeyev, Y. Zh., Kaidar, A. B., Lukutin, B. V., Obukhov, S. G., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Shapkenov, B. K., Akayev, A. M., In PMU habarshysy=Vestnik PGU. Ser. Energeticheskaya. [PSU Herald. Series Energetics]. – 2014. – № 4. – P. 120–125.

Material received on 30.09.20.

С. К. Шерьязов[1], С. С. Исенов[2], А. Б. Кайдар[3]

Жел энергиясын түрлендіру жүйелерінің жіктелуі

[1]Оңтүстік-Орал мемлекеттік аграрлық университеті,
Ресей Федерациясы, Челябинск қ.;
[2]Қазақ агротехникалық университеті. С. Сейфуллин,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.;
[3]«Alstom, ЭКЗ»,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

С. К. Шерьязов[1], С. С. Исенов[2], А. Б. Кайдар[3]

Классификация систем преобразования энергии ветра

[1]Южно-Уральский государственный аграрный университет,
Россииская Федерация, г. Челябинск;
[2]Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан;
[3]«Alstom, EKZ»,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан.
Материал поступил в редакцию 30.09.20.

Мақалада жел энергетикалық қондырғыларының рөлі, орны және жұмыс істеу ерекшеліктері талданады. Генераторлардың әртүрлі нұсқалары және жел энергиясын электр энергиясына түрлендіру схемалары келтірілген. Қолданыстағы жел агрегаттарына егжей-тегжейлі талдау келтірілген. Зияткерлік желілердегі Жел энергетикалық қондырғылар жұмысының сенімділігін арттыру бойынша ұсыныстар берілді.

Кілтті сөздер: жел электр станциялары, жел турбиналары, белгіленген айналу жылдамдығы бар жел турбиналары, жел турбинасының асинхронды генераторы, қос қуатты, ауыспалы.

В статье проведен анализ роли, места и особенностей функционирования ветроэнергетических установок. Даны различные варианты генераторов и схемы преобразования энергии ветра в электрическую энергию. Приведен детальный анализ существующих ветровых агрегатов. Даны рекомендации по повышению надежности работы ветроэнергетических установок в интеллектуальных сетях.

Ключевые слова: ветроэлектростанции, ветротурбины, ветротурбины с фиксированной скоростью вращения, асинхронный генератор ветротурбины, с двойным питанием, переменная.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ

Абдикулова Заґипа Киргизбаевна, техн.ғ.к., доцент, Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті, г. Туркестан, 161200, Қазақстан Республикасы, e-mail: Azagipa@mail.ru

Абдраимов Канышбек Уразбекович, оқытушы, Кафедра Строительства, тепло– и газоснабжения, Кентауский многопрофильный колледж, г. Кентау, 160400, Республика Казахстан, e-mail: Timur_kanysh@mail.ru

Аженов Алмат Тажихан ұлы, докторант PhD, оқытушы, «Искусственный интеллект и BigData» кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., 050040, Қазақстан Республикасы, e-mail: azhenov.a@mail.ru

Алимгазин Алтай Шурумбаевич, т.ғ.д., профессор, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: alimgazin_altai@mail.ru

Алиханов Джахфер Музаферович, техн.ғ.к., профессор, Қазақ ұлттық аграрлық универсиететі, 050010, Қазақстан Республикасы, e-mail: nur0577@mail.ru

Алмуратова Нургуль Канаевна, PhD, доцент, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ, 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: n.almuratova@aues.kz

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

Адилбаев Андас Аманбайұлы, PhD докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: andas2015@mail.ru

Айдымбаева Жанар Абдешевна, оқытушы, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: diararu@mail.ru

Әкімбек Гүлмира Әбілқайрқызы, аға оқытушы, Жылу энергетика және жылу техника институты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050060, Қазақстан Республикасы, e-mail: akimbekg@mail.ru

Асқанбай Гаухар Тілеубердіқызы, техн.ғ.м., лектор, Автоматтандыру және телекоммуникациялар факультеті, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: g.askanbay.kz@yandex.ru

Анарбаев Әлібек Ерсайынұлы, аға оқытушы, «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

Әкімбек Гүлмира Әбілқайрқызы, аға оқытушы, Жылу энергетика және жылу техника институты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050060, Қазақстан Республикасы, e-mail: akimbekg@mail.ru

Бостанбеков Қайрат Арат ұлы, PhD, Ақпараттық және ғарыштық технологияларды бірлесіп пайдалану жөніндегі ұлттық ғылыми зертхана бастығының орынбасары, Сатпаев университеті, Алматы қ., 050040, Қазақстан Республикасы, e-mail: k.bostanbekov@norlist.kz

Бергузинов Асхат Нұрланұлы, PhD, қауымд. профессор (доцент), Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: askhat_berguzinov@mail.ru

Бахтиярова Сабина Еркеновна, техника және технология магистрі, «Энергияны үнемдеу және энергия тиімді технологиялар» ҒЗИ, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Sabina_b84@mail.ru

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

Бимурзина Зарина Аскаровна, Болашақты даму департаменті, «Астана-Энергия» АҚ, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: bimurzina_z@mail.ru

Бурумбаева Ғалия Рашидқызы, техн.ғ.м., инженер, «Павлодар мұнай-химия зауыты» ЖШС, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: burumbaeva.galiya@gmail.com

Бахтияр Балжан Төрепашқызы, т.ғ.к., доцент, Жылу энергетика және жылу техника институты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050060, Қазақстан Республикасы, e-mail: bahtyar.baljan@mail.ru

Байкенова Норбиба Батырқожақызы, аға оқытушы, «Электротехника және автоматтандыру» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: norbiba@mail.ru

Бушкова Татьяна Владимировна, аспирант, «Ықтималдықтар теориясы және математикалық статистика» кафедрасы, Томск мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті, Томбы қ., 634050, Ресей Федерациясы, e-mail: bushkova70@mail.ru

Бахтияр Балжан Төрепашқызы, т.ғ.к., доцент, Жылу энергетика және жылу техника институты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050060, Қазақстан Республикасы, e-mail: b.bakhtiyar@aues.kz

Волгина Екатерина Михайловна, техн.ғ.м., «Электрэнергетик» кафедрасының PhD кандидаты, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: volgina.em@mail.ru

Глазырин Сергей Александрович, ғылым кандидаты (инженерия), PhD, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: glan-sergey@yandex.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

Дүйсенгали Гүлбақыт Бахтыгалиқызы, PhD докторант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Duisengalig@ mail.ru

Достияров Абай Мұхамедияруұлы, техн.ғ.д., профессор, Қазақстан Республикасы Жоғары аттестаттау комиссиясы, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: dost51@mail.ru

Дәуітбаева Айгүл Оспанқызы, т.ғ.к., Инженерлі технологиялық институті, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aicos@mail.ru

Дюсова Ризагуль Муслимқызы, техн.ғ.м., аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ilchubayeva.r@teachers.tou.edu.kz

Джабагина Зауреш Казбековна, ассистент- профессор, Автоматтандыру және телекоммуникациялар факультеті, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: ramisand@mail.ru

Ержанов Калый Шаймерданұлы, техн.ғ.к., Атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінің Инженерлік факультеті Ш. Есенова, Ақтау қ., 130000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kaly75@mail.ru

Ергали Әнел Сакенқызы, техника және технологиялар магистрі «Электр энергетикасы» мамандығы, Қазақстан Республикасы, e-mail: aneshka.96@bk.ru

Жантлесова Әсемгүл Бейсембайқызы, PhD, аға оқытушы, «Электр жабдықтарын пайдалану» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: asbizh@mail.ru

Жумадилова Айгуль Зулхарнайқызы, Бас директорының орынбасары, «GREENORDA PROJECT» ЖШС, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: asbizh@mail.ru

Жумадиллаева Айнур Канадиловна, техн.ғ.к., доцент, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: ay8222@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

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

Исайкин Дмитрий Викторович, PhD, Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы қ., 050063, Қазақстан Республикасы, e-mail: dima87-i@mail.ru

Искаков Ділшат Озатұлы, магистрант, Жылу энергетика және жылу техника институты, Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050060, Қазақстан Республикасы, e-mail: d.iskakov@aues.kz

Исенов С. С., техн.ғ.к., профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: isenov_sultan@mail.ru

Кузьмин Юрий Владимирович, докторант, аға оқытушы, Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: y.kuzmin@aues.kz

Қожан Мұхтар, магистрант, Инженерлі технологиялық институті, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhanar.bi@mail.ru

Калиев Жаныбек Жанатулы, PhD, ҚазККА қауымд. профессоры, Автоматтандыру және телекоммуникациялар факультеті, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhanibek.84@mail.ru

Қалиева Қазима Жаңбырбайқызы, т.ғ.к., 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

Косяков Игорь Олегович, докторант PhD, Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы қ., 050063, Қазақстан Республикасы, e-mail: heimmdal@mail.ru

Кошкин Игорь Владимирович, техн.ғ.к., доцент, «Электр энергетикасы» кафедрасы, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Костанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, e-mail: elektroenergetika@mail.ru

Капанова Адина Утепбергенкызы, техн.ғ.м., Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нур-Султан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: a.kapanova00@mail.ru

Курмангазиева Ляйля Таскалиевна, техн.ғ.к., доцент, Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау қ., 060000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kurmangaziyeval@mail.ru

Кайдар А. Б., техника және технология магистрі, инженер-технологы, «Alstom, ЭКЗ» компаниясы, Нұр-сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы

Муханбетова Асемай Досымқызы, студент, Жылу энергетика және жылу техника институты, Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050060, Қазақстан Республикасы, e-mail: a.mukhanbetova@aues.kz

Майлыбаев Ерсайын Құрманбайұлы, PhD докторанты, Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы, 050063, Қазақстан Республикасы, e-mail: ersind@mail.ru

Марковский Вадим Павлович, техн.ғ.к., профессор, «Электрэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: wadim54@mail.ru

Меңдібаев Сергазы Әмірғалиұлы, т.ғ.к., профессор, РЭТ кафедрасы, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: seke47@mail.ru

Мергалимова Алмагуль Каирбергеновна, PhD, техн.ғ.д., Энергетикалық факультеті, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нур-Султан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: almagul_mergalimova@mail.ru

Моисеева Светлана Петровна, ф-м.ғ.д., профессор (Ресей), профессор, «Ықтималдықтар теориясы және математикалық статистика» кафедрасы, Томск мемлекеттік ұлттық зерттеу университетінің, Томбы қ., 634050, Ресей Федерациясы, e-mail: smoiseeva@mail.ru

Мустафина Раиса Мухаметжаровна, т.ғ.к., доцент, профессор, Энергетика және компьютерлік ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ, 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: mustafina.r@teachers.tou.edu.kz

Мухамедрахимова Галия Исатаевна, п.ғ.к., Физика-техникалық факультет, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Султан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail:isatai-07@mail.ru

Мухамедрахимов Карипула Увалиевич, ф-м.ғ.к., Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Султан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: karipola-53@mail.ru

Муханбетова Асемай Досымкызы, бакалавр, Жылу энергетика және жылу техника институты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050060, Қазақстан Республикасы, e-mail: a.mukhanbetova@aues.kz

Мирғалиқызы Толқын, PhD, доцент м.а., «Компьютерлік және программалық инженерия» кафедрасы, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: m_t85@mail.ru

Мирошник Вадим Юрьевич, аспирант, ассистент, «Теориялық және жалпы электротехника» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail: miroshnikvad@gmail.com

Новожилов Александр Николаевич, техн.ғ.д., профессор, «Электрэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: novozhilova_on@mail.ru

Новожилов Тимофей Александрович, техн.ғ.к., доцент, «Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644011, Ресей Федерациясы, e-mail: timokvey@mail.ru

Никитин Константин Иванович, техн.ғ.д., профессор (Ресей), профессор, «Теориялық және жалпы электротехника» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail nki@ngs.ru

Өмір Сапар, магистрант, Инженерлі технологиялық институті, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: omir_sapar@mail.ru

Онбаев Нұржан Маратұлы, магистрант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: nurshan.onbaev98@mail.ru

Оразова Гаухар Отегеновна, магистр, аға оқытушы, Энергетика және компьютерлік ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ, 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: orazova.g@teachers.tou.edu.kz

Оразбаев Батыр Бидайбекович, техн.ғ.д., профессор, ҚР ҰИА академигі, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: batyr_o@mail.ru

Оразбаева Кульман Нахановна, техн.ғ.д., профессор, Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kulman_o@mail.ru

Оспанова Назира Нұрғазықызы, п.ғ.к. доцент, Торайғыров университеті, Павлодар, 140000, Қазақстаң Республикасы, e-mail: nazira_n@mail.ru

Поляков Дмитрий Андреевич, аға оқытушы, «Теориялық және жалпы электротехника» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail: polyakowdmitry@yandex.ru

Рсалиев Жомарт Әділбекұлы, магистрант, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: rsaliyevzhomart@gmail.com

Серкпаев Мухтар Омирсерикович, т.ғ.д., профессор, Қазақстан Республикасының әскери ғылым академиясы, Нұр-Сұлтан қ., 010008, Қазақстан Республикасы, e-mail: serkpayev@mail.ru

Сейтенова Ғайни Жұмағалиқызы, х.ғ.к, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Сауанова Клара Тагаевна, Ғ. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: sauanovaklara@gmail.com

Султанбаев Улыкбек Нурсеитович, техн.ғ.м., лектор, Автоматтандыру және телекоммуникациялар факультеті, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы

Садуақасова Гүлнар Болатқызы, аға оқытушы, «Жылу энергетикасы» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: saduakasova@mail.ru

Сагилова Махаббат Кабдильевна, техн.ғ.м., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нур-Султан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: s_mahabbat2017@mail.ru

Сарсикеев Ермек Жасланович, PhD, кафедра меңгерушісі, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: sarsikeyev.ermek@yandex.ru

Соболева Людмила Андреевна, м.т.н., Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Султан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: mluda777@mail.ru

Саринова Асия Жумабаевна, PhD, қауымд. профессор (доцент), Энергетика және компьютерлық ғылымдар факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: assiya_prog@mail.ru

Сатыбалдина Дина Жагыпаровна, ф-м.ғ.к., PhD, доцент, Ақпараттық технологиялар факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: satybaldina_dzh@enu.kz

Тулегенова Эльмира Нурлановна, э.ғ.к., Инженерлі технологиялық институті, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: etulegenova80@mail.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

Толегенова Арай Сарсенкалиевна, к.т.н., Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Султан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: arai82@bk.ru

Танырбергенова Камила Ислямовна, докторант, «Компьютерлік және программалық инженерия» кафедрасы, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: Kamila.tanyrbergen@gmail.com

Терещенко Надежда Андреевна, аспирант, ассистент, «Теориялық және жалпы электротехника» кафедрасы, Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы, e-mail: nadezhda.tereshcenko@mail.ru

Төрешбаев Әбділда Төрешбайұлы, ф.-м.ғ.к., қауымд. профессор, Инженерлі-технологиялық институты, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда

университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aturesh@mail.ru

Тұрлығұлова Нұржанар Әбсаматқызы, Жаратылыс ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Инженерлі-технологиялық институты, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., 120000, Қазақстан Республикасы, e-mail: jannur-08.73@mail.ru

Тюлюгенова Ляззат Балтабаевна, докторант, «Электроэнергетика» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, email: tlb_tore@list.ru

Умбетов Умирбек, т.ғ.д., профессор, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы, email: uumbetov@mail.ru

Утегулов Арман Болатбекович, техн.ғ.к., қауымд. профессор, «Электрмен жабдықтау» кафедрасы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010011, Қазақстан Республикасы, e-mail: utegulov76@mail.ru

Утенова Балбупе Есенжановна, техн.ғ.к., доцент, С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау қ., 060000, Қазақстан Республикасы, e-mail: balbupe_u_e@mail.ru

Ұйқас Әлібек Еркінұлы, магистрант, Физика-техникалық факультеті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: alibasskz@gmail.com

Цыба Юрий Александрович, техн.ғ.д., профессор, Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ, 050013, Қазақстан Республикасы, e-mail: y.tsyba@aues.kz

Шарипов Ерканат Болатұлы, Педагогика ғылымдарының магистрі, Қазақ агротехникалық университеті С. Сейфуллин атындағы, Нұр-Сұлтан, 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: erga_91@mail.ru

Шапкенов Бауыржан Кайдарович, т.ғ.к., профессор, «Электр энергетикасы» кафедрасы, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: argin_intel@mail.ru

Шерьязов Сакен Койшыбаевич, техн.ғ.д., профессор, «Энергиямен қамтамасыз ету және технологиялық процестерді автоматтандыру» кафедрасы, Оңтүстік-Орал мемлекеттік аграрлық университеті, Челябинск қ., 454080, Ресей Федерациясы, e-mail: sakenu@yandex.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ 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

Абдраимов Канышбек Уразбекович, преподаватель, кафедра Строительства, тепло- и газоснабжения, Кентауский многопрофильный колледж, г. Кентау, 160400, Республика Казахстан, e-mail: Timur_kanysh@mail.ru

Аженов Алмат Тажиханович, докторант PhD, преподаватель, кафедра «Искусственный интеллект и BigData», Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, 050040, Республика Казахстан, e-mail: azhenov.a @mail.ru

Алимгазин Алтай Шурумбаевич, д.т.н, профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан, e-mail: alimgazin_altai@mail.ru

Алиханов Джахфер Музаферович, к.т.н., профессор, Казахский национальный аграрный университет, 050010, Республика Казахстан, e-mail: nur0577@mail.ru

Алмуратова Нургуль Канаевна, PhD, доцент, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: n.almuratova@aues.kz

Ахметова Сауле Океновна, PhD докторант, Факультет информационных технологий, Евразийский Национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: saule_akhmetova_79@mail.ru

Адилбаев Андас Аманбаевич, PhD докторант, Факультет информационных технологий, Евразийский Национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: andas2015@mail.ru

Айдымбаева Жанар Абдешевна, преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: diararu@mail.ru

Әкімбек Гүлмира Әбілқайрқызы, ст. преподаватель, Институт теплоэнергетики и теплотехники, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, 050060, Республика Казахстан, e-mail: akimbekg@mail.ru

Асқанбай Гаухар Тілеубердіқызы, м.т.н., 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

Анарбаев Алибек Ерсаинович, ст. преподаватель, кафедра «Электротехники и автоматизации», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

Әкімбек Гүлмира Әбілқайрқызы, ст. преподаватель, Институт теплоэнергетики и теплотехники, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы, 050060 Республика Казахстан, e-mail: akimbekg@mail.ru

Бостанбеков Кайрат Аратович, PhD, зам. руководителя, Национальная научная лаборатория коллективного пользования информационных и космических технологий, Сатпаев университет, г. Алматы, 050040, Республика Казахстан, e-mail: k.bostanbekov@norlist.kz

Бергузинов Асхат Нурланович, PhD, ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: askhat_berguzinov@mail.ru

Бахтиярова Сабина Еркеновна, м.т.т., Энергосбережение и энергоэффективные технологии, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан, e-mail:Sabina_b84@mail.ru

Бейсенби Мамырбек Аукебаевич, профессор, Факультет информационных технологий, Евразийский Национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: beisenbi@mail.ru

Бимурзина Зарина Аскаровна, Отдел перспективного развития, АО «Астана-Энергия», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: bimurzina_z@mail.ru

Бурумбаева Галия Рашидовна, м.т.н., инженер, ТОО «Павлодарский нефтехимический завод», г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: burumbaeva.galiya@gmail.com

Бахтияр Балжан Төрепашқызы, т.к.н, доцент, Институт теплоэнергетики и теплотехники, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, 050060, Республика Казахстан, e-mail: bahtyar.baljan@mail.ru

Байкенова Норбиба Батыркожаевна, ст. преподаватель, кафедра Электротехники и автоматизации, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: norbiba@mail.ru

Бушкова Татьяна Владимировна, аспирант, кафедра «Теории вероятности и математической статистики», Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, 634050, Российская Федерация, e-mail: bushkova70@mail.ru

Бахтияр Балжан Төрепашқызы, к.т.н., доцент, Институт теплоэнергетики и теплотехники, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, 050060 Республика Казахстан, e-mail: b.bakhtiyar@aues.kz

Волгина Екатерина Михайловна, м.т.н., докторант PhD, кафедра «Электроэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail: volgina.em@mail.ru

Глазырин Сергей Александрович, к.т.н., PhD, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010008, Республика Казахстан, e-mail: glan-sergey@yandex.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

Дуйсенгали Гулбакыт Бахтыгалиқызы, PhD докторант, Факультет информационных технологий, Евразийский Национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: Duisengalig@ mail.ru

Достияров Абай Мухамедиярович, д.т.н., профессор ВАК РК, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: dost51@mail.ru

Даутбаева Айгуль Оспановна, к.т.н., Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: aicos@mail.ru

Дюсова Ризагуль Муслимовна, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ilchubayeva.r@teachers.tou.edu.kz

Жабағина Зауреш Қазбековна, ассистент-профессор, Факультет автоматизации и телекоммуникации, Казахская академия транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: ramisand@mail.ru

Ержанов Калый Шаймерданович, к.т.н., Факультет инжиниринга, Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау, 130000, Республика Казахстан, e-mail: kaly75@mail.ru

Ергали Әнел Сакенқызы, м.т.т., специальность «Электроэнергетика», Республика Казахстан, e-mail: aneshka.96@bk.ru

Жантлесова Асемгуль Бейсембаевна, PhD, ст. преподаватель, кафедра «Эксплуатация электрооборудования», Казахский агротехнический университет имени С Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: asbizh@mail.ru

Жумадилова Айгуль Зулхарнаевна, заместитель генерального директора ТОО «GREENORDA PROJECT», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: asbizh@mail.ru

Жумадиллаева Айнур Канадиловна, к.т.н., доцент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: ay8222@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

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

Исайкин Дмитрий Викторович, PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан, e-mail: dima87-i@mail.ru

Искаков Ділшат Озатұлы, магистарант, Институт теплоэнергетики и теплотехники, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы, 050060, Республика Казахстан, e-mail: d.iskakov@aues.kz

Исенов С. С., к.т.н, профессор, Казахский аграрный университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, e-mail: isenov_sultan@mail.ru

Кузьмин Юрий Владимирович, докторант, ст. преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: y.kuzmin@aues.kz

Кожан Мухтар, магистрант, Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: zhanar.bi@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, к.т.н., 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

Косяков Игорь Олегович, докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан, e-mail: heimmdal@mail.ru

Кошкин Игорь Владимирович, к.т.н., доцент, кафедра «Электроэнергетика», Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан, e-mail: elektroenergetika@mail.ru

Капанова Адина Утепбергенкызы, м.т.н., Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: a.kapanova00@mail.ru

Курмангазиева Ляйля Таскалиевна, к.техн.н., доцент, Атырауский университет имени Х. Досмухамедова, г. Атырау, 060000, Республика Казахстан, e-mail: kurmangaziyeval@mail.ru

Кайдар А. Б., м.т.т., инженер-технолог компания «Alstom, ЭКЗ», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан

Муханбетова Асемай Досымқызы, студент, Институт теплоэнергетики и теплотехники, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, 050060, Республика Казахстан, e-mail: a.mukhanbetova@aues.kz

Майлыбаев Ерсайын Курманбайулы, докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050063, Республика Казахстан, e-mail: ersind@mail.ru

Марковский Вадим Павлович, к.т.н., профессор, кафедра «Электроэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: wadim54@mail.ru

Мендыбаев Сергазы Амергалиевич, к.т.н., профессор, кафедра РЭТ, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: seke47@mail.ru

Мергалимова Алмагуль Каирбергеновна, доктор PhD технических наук, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: almagul_mergalimova@mail.ru

Моисеева Светлана Петровна, д.ф.-м.н., профессор (Россия), профессор, кафедра «Теории вероятности и математической статистики», Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, 634050, Российская Федерация, e-mail: smoiseeva@mail.ru

Мустафина Раиса Мухаметжаровна, к.т.н., доцент, профессор, Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайгыров Университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: mustafina.r@teachers.tou.edu.kz

Мухамедрахимова Галия Исатаевна, к.п.н., Физико-технический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, , 010000, Республика Казахстан, e-mail: isatai-07@mail.ru

Мухамедрахимов Кариппула Увалиевич, к.ф-м.н., Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: karipola-53@mail.ru

Муханбетова Асемай Досымкызы, бакалавр, Институт теплоэнергетики и теплотехники, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, г. Алматы, 050060, Республика Казахстан, e-mail: a.mukhanbetova@aues.kz

Мирғалиқызы Толқын, PhD, и.о. доцента, кафедра «Компьютерной и программной инженерии», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: m_t85@mail.ru

Мирошник Вадим Юрьевич, аспирант (Россия), кафедра «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail miroshnikvad@gmail.com

Новожилов Александр Николаевич, д.т.н., профессор (Казахстан), кафедра «Электроэнергетика», Торайгыров университет, г. Павлодар, 140003, Республика Казахстан, e-mail novozhilova_on@mail.ru

Новожилов Тимофей Александрович, к.техн.н., доцент, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644011, Российская Федерация, e-mail: timokvey@mail.ru

Никитин Константин Иванович, д.техн.н., профессор (Россия), кафедра «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail nki@ngs.ru

Омир Сапар, магистрант, Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: omir_sapar@mail.ru

Онбаев Нуржан Маратович, магистрант, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: nurshan.onbaev98@mail.ru

Оразова Гаухар Отегеновна, магистр, ст. преподаватель, Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: orazova.g@teachers.tou.edu.kz

Оразбаев Батыр Бидайбекович, д.т.н., профессор, академик НИА РК, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: batyr_o@mail.ru

Оразбаева Кульман Нахановна, д.т.н., профессор, Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: kulman_o@mail.ru

Оспанова Назира Нургазыевна, к.п.н. доцент, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: nazira_n@mail.ru

Поляков Дмитрий Андреевич, ст. преподаватель (Россия), кафедра «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail polyakowdmitry@yandex.ru

Рсалиев Жомарт Әділбекұлы, магистрант, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: rsaliyevzhomart@gmail.com

Серкпаев Мухтар Омирсерикович, д.т.н, профессор, Академия военных наук Республики Казахстан, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: serkpayev@mail.ru

Сейтенова Гайни Жумагалиевна, к.х.н., профессор, Факультет инженерии, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Сауанова Клара Тагаевна, к.т.н, доцент, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: sauanovaklara@gmail.com

Султанбаев Улыкбек Нурсеитович, м.т.н., лектор, Факультет автоматизации и телекоммуникации, Казахская академия транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева г. Алматы, 050000, Республика Казахстан

Садуакасова Гульнар Болатовна, ст. преподаватель, кафедра «Теплоэнергетика», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: saduakasova@mail.ru

Сагилова Махаббат Кабдильевна, м.т.н., Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: s_mahabbat2017@mail.ru

Сарсикеев Ермек Жасланович, PhD. зав. кафедрой, Казахский агротехнический университета имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: sarsikeyev.ermek@yandex.ru

Соболева Людмила Андреевна, м.т.н., ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail:mluda777@mail.ru

Саринова Асия Жумабаевна, PhD, ассоц. профессор (доцент), Факультет энергетики и компьютерных наук, Торайгыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail assiya_prog@mail.ru

Сатыбалдина Дина Жагыпаровна, к.ф.-м.н., PhD, доцент, Факультет информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: satybaldina_dzh@enu.kz

Тулегенова Эльмира Нурлановна, к.э.н., Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: etulegenova80@mail.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

Толегенова Арай Сарсенкалиевна, к.т.н., энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: arai82@bk.ru

Танырбергенова Камила Ислямовна, докторант, кафедра «Компьютерной и программной инженерии», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: Kamila.tanyrbergen@gmail.com

Терещенко Надежда Андреевна, аспирант (Россия), ассистент, кафедра «Теоретическая и общая электротехника», Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация, e-mail nadezhda.tereshcenko@mail.ru

Турешбаев АбдильдаТурешбаевич, к.ф.-м.н., ассоц. профессор, Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: aturesh@mail.ru

Турлугулова Нуржанар Абсаматовна, магистр естественных наук, ст. преподаватель, Инженерно-технологический институт, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, 120000, Республика Казахстан, e-mail: jannur-08.73@mail.ru

Тюлюгенова Ляззат Балтабаевна, докторант, «Электроэнергетика» кафедрасы, Торайгыров университет, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: tlb_tore@list.ru

Умбетов Умирбек, д.т.н., профессор, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан, e-mail: uumbetov@mail.ru

Утегулов Арман Болатбекович, к.техн.н., ассоц. профессор, кафедра «Электроснабжение», Казахский агротехнический университет

имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010011, Республика Казахстан, e-mail: utegulov76@mail.ru

Утенова Балбупе Есенжановна, к.техн.н., доцент, Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, г. Атырау, 060000, Республика Казахстан, e-mail: balbupe_u_e@mail.ru

Ұйқас Әлібек Еркінұлы, магистрант, Физико-технический факультет, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: alibasskz@gmail.com

Цыба Юрий Александрович, д.техн.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан, e-mail: y.tsyba@aues.kz

Шарипов Ерканат Болатович, м.п.н., Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: erga_91@mail.ru

Шапкенов Бауыржан Кайдарович, к.т.н., профессор, «Электроэнергетика» кафедрасы, Павлодар қ., 140000, Республика Казахстан, e-mail: argin_intel@mail.ru

Шерьязов Сакен Койшыбаевич, д.техн.н., профессор, кафедра «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, 454080, Российская Федерация, e-mail: sakenu@yandex.ru

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

Абдраимов Канышбек Уразбекович, преподаватель, кафедра «Строительства, тепло- и газоснабжения», Кентауский многопрофильный колледж, г. Кентау, 160400, Республика Казахстан, e-mail: Timur_kanysh@mail.ru

Azhenov Almat Tazhikhanovich, PhD candidate, lecturer, Department of «Artificial Intelligence and BigData», Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan, e-mail: azhenov.a @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

Алиханов Джахфер Музаферович, Candidate of Technical Sciences, professor, Kazakh National Agrarian University, 050010, Republic of Kazakhstan, e-mail: nur0577@mail.ru

Алмуратова Нургуль Канаевна, PhD, Docent, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: n.almuratova@aues.kz

Akhmetova Saule Okenovna, PhD 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

Adilbaev Andas Amanbaevich, PhD doctoral student, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: andas2015@mail.ru

Aidymbayeva Zhanar Abdeshevna, lecturer, Almaty University of Energy and Communications, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: diararu@mail.ru

Akimbek Gulmira, senior lecturer, Institute of Heat and Power Engineering, Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan, e-mail: akimbekg@mail.ru

Askanbay Gaukhar Tileuberdikyzy, Master of Technical 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

Alibek Anarbayev, senior lecturer Department of Electrical Engineering and Automation, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: alibek_anarbaev@mail.ru

Akimbek Gulmira Abilkairkyzy, senior lecturer, Institute of Heat and Power Engineering, Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, 050060 Republic of Kazakhstan, e-mail: akimbekg@mail.ru

Bostanbekov Kairat Aratovich, PhD, Deputy Head of the National Scientific Laboratory for Shared Use of Information and Space Technologies, Satpayev University, Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan, e-mail: k.bostanbekov@norlist.kz

Berguzinov Askhat Nurlanovich, PhD, associate professor, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: askhat_berguzinov@mail.ru

Bahtiyarova Sabina Erkenovna, Master of Engineering and Technology, Research Institute «Energy Saving and Energy Efficient Technologies», L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008 Republic of Kazakhstan, e-mail: Sabina_b84@mail.ru

Beisenbi Mamyrbek Aukebaevich, Professor, Faculty of Information Technology, Eurasian National University named after L. N. Gumilyov, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: beisenbi@mail.ru

Bimurzina Zarina Askarovna, Prospective Development Department, Astana-Energy JSC, Nur-Sultan, 010000, Kazakhstan, e-mail: bimurzina_z@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

Bakhtyar Balzhan, associate professor, Institute of Heat and Power Engineering, Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan, e-mail: bahtyar.baljan@mail.ru

Baykenova Norbiba Batyrkozhaevna, senior lecturer, Department of Electrical Engineering and Automation, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: norbiba@mail.ru

Bushkova Tatyana Vladimirovna, post-graduate student, Department of «Probability Theory and mathematical statistics», National Research Tomsk State University, Tomsk, 634050, Russian Federation, e-mail: bushkova70@mail.ru

Bakhtiyar Balzhan Torepashkyzy, Candidate of Technical sciences, docent, Institute of Heat and Power Engineering, Almaty University of energy and communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, 050060 Republic of Kazakhstan, e-mail: b.bakhtiyar@aues.kz

Volgina Yekaterina Mikhaylovna, Master of Technical Sciences, PhD candidate, Department of Electrical Power Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140003, Republic of Kazakhstan, e-mail: volgina.em@mail.ru

Glazyrin Sergey Aleksandrovich, Candidate of Science (Engineering), PhD, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: glan-sergey@yandex.ru

Глазырина Наталья Сергеевна, PhD, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: glazirinan@yandex.ru

Duysengali Gulbakyt Bakhtygalikyzy, PhD doctoral student, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Duisengalig@ mail.ru

Dostiyarov Abay Muhamedyarovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Higher Attestation Commission of the Republic of Kazakhstan, Almaty University of Energy and Communications, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: dost51@mail.ru

Dauitbayeva Aigul Ospanovna, Candidate of Technical Sciences, Institute of Engineering and Technology, Korkyt ATA Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aicos@mail.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

Jabagina Zauresh Kazbekovna, assistant professor, Faculty of Automation and Telecommunications, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpaev, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ramisand@mail.ru

Erzhanov Kaliy Shaymerdanovich, PhD in Engineering Science, Faculty of Engineering, Caspian State University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov, Aktau, 130000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kaly75@mail.ru

Ergali Anel, Master of Engineering and Technology, specialty «Electric Power Engineering», e-mail: aneshka.96@bk.ru

Zhantlessova Asemgul Beisembayevna, PhD, senior lecturer, Department «Operation of Electrical Equipment», S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Zhumadilova Aigul Zulkharnayevna, Deputy General Director, «GREENORDA PROJECT», Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Zhumadillayeva Ainur Kanadilovna, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Faculty of Information Technologies, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: ay8222@mail.ru

Issabekov Zhanat Beisembayevich, PhD, associate professor, Faculty of Energy and Computer Science, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Issabekova Bibigul Beisembayevna, PhD, associate professor, Faculty of Energy and Computer Science, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asbizh@mail.ru

Issabekov Dauren Dzhambulovich, PhD, associate professor, Faculty of Energy and Computer Science, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Dauren_pvl2012@mail.ru

Issaikin Dmitriy Biktorovich, PhD, Kazakh University of Railway Transport, Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan, e-mail: dima87-i@mail.ru

Iskakov Dilshat Ozatuly, Undergraduate student, Institute of Heat and Power Engineering, Almaty University of energy and communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, 050060 Republic of Kazakhstan, e-mail: d.iskakov@aues.kz

Isenov S. S., Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan, e-mail: isenov_sultan@mail.ru

Кузьмин Юрий Владимирович, senior lecturer, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: y.kuzmin@aues.kz

Kozhan Mukhtar, master, Institute of Engineering and Technology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhanar.bi@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, associate professor of KazATC, 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

Kossyakov Igor Olegovich, PhD student, Kazakh University Ways of Communications, Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan, e-mail: heimmdal@mail.ru

Koshkin Igor Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of Electrical Power Engineering, Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, e-mail: elektroenergetika@mail.ru

Kapanova Adina Utepbergenovna, Master of Technical Sciences, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.kapanova00@mail.ru

Kurmangazieva Lailya Taskalievna, Candidate of Technical Sciences, associate professor, H. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, 060000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kurmangaziyeval@mail.ru

Kaidar A. B., Master of Engineering and Technology, production engineer, «Alstom, EKZ» Company, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan

Mukhanbetova Asemay, student, Institute of Heat and Power Engineering, Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.mukhanbetova@aues.kz

Mailybayev Yersaiyn, Doctoral PhD student, Kazakh University Ways of Communications, Almaty, 050063, Republic of Kazakhstan, e-mail: ersind@mail.ru

Markovskiy Vadim Pavlovich, Candidate of Technical Sciences, professor, Department of Electrical Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: wadim54@mail.ru

Mendybaev Sergazy Amergalievich, PhD., Professor, Department of RET S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: seke47@mail.ru

Mergalimova Almagul Kairbergenovna, Doctor of Technical Sciences, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: almagul_mergalimova@mail.ru

Moiseeva Svetlana Petrovna, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Russia), Professor, Department of Probability Theory and Mathematical statistics», National Research Tomsk State University, Tomsk, 634050, Russian Federation, e-mail: smoiseeva@mail.ru

Mustafina Raisa Mukhametzharovna, Candidate of Technical Sciences, docent, professor, Faculty of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: mustafina.r@teachers.tou.edu.kz

Mukhamedrakhimova GaliyaIsataeva, Candidate of Pedagogics, Physics and Technology Faculty, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail:isatai-07@mail.ru

Mukhamedrahimov Kaipola Uvalievich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: karipola53@mail.ru

Mukhanbetova Assemay Dossymkyzy, student, Institute of Heat and Power Engineering, Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, 050060 Republic of Kazakhstan, e-mail: a.mukhanbetova@aues.kz

Mirgalikyzy Tolkyn, Department of Computer and Software Engineering, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: m_t85@mail.ru

Miroshnik Vadim Yurievich, Post-graduate student (Russia), Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail miroshnikvad@gmail.com

Novozhilov Aleksandr Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor (Kazakhstan), Professor of the Department of Electrical Power Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140003, 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

Nikitin Konstantin Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, professor (Russia), professor, Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail nki@ngs.ru

Omir Sapar, master, Institute of Engineering and Technology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: omir_sapar@mail.ru

Onbayev Nurzhan Maratovich, undergraduate student, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: nurshan.onbaev98@mail.ru

Orazova Gaukhar Otegenovna, master, senior lecturer, Faculty of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: orazova.g@teachers.tou.edu.kz

Orazbayev Batyr Bidaybekovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NIA RK, Faculty of Information Technologies, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: batyr_o@mail.ru

Orazbayeva Kulman Nachanova, Doctor of Technical Sciences, professor, Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kulman_o@mail.ru

Ospanova Nazira, c.p.s associate professor, Toraighyrov University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: nazira_n@mail.ru

Polyakov Dmitry Andreevich, senior lecturer (Russia), Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail polyakowdmitry@yandex.ru

Rsaliyev Zhomart Adilbekuly, graduate student, Faculty of Information Technology, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: rsaliyevzhomart@gmail.com

Serkpayev Mukhtar Omirserikovich, D.T.S., professor, Academy of Military Sciences of the Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan, 010008, Republic of Kazakhstan, e-mail: serkpayev@mail.ru

Seitenova Gaini Zhumagalievna, Cand. Sci.(Chem.), professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Sauanova Klara Tagaevna, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: sauanovaklara@gmail.com

Sultanbaev Ulykbek Nurseitovich, Master of Technical Sciences, lecturer, Faculty of Automation and Telecommunications, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpaev, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan

Saduakasova Gulnar Bolatovna, senior lecturer, Department of Heat Power Engineering, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: saduakasova@mail.ru

Sagilova Mahabbat Kabdil'evna, Master of Technical Sciences, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: s_mahabbat2017@mail.ru

Sarsikeyev Yermek Zhaslanovich, PhD, Head of Department, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: sarsikeyev.ermek@yandex.ru

Soboleva Lyudmila Andreyevna, Master of Technical Sciences, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: mluda777@mail.ru

Sarinova Asia Zhumabayevna, PhD, associate professor, Faculty of Energy and Computer Sciences, 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

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

Talipov Oljas Manarbekovich, PhD, associate professor, Faculty of Energy and Computer Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: talipov1980@mail.ru

Tolegenova Arai Sarsenbayevna, Candidate of Technical Sciences, Faculty of Energy, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: arai82@bk.ru

Tanyrbergenova Kamila Islyamovna, doctoral student, Department of Computer and Software Engineering, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: Kamila.tanyrbergen@gmail.com

Tereschenko Nadezhda Andreyevna, post-graduate student (Russia), assistant, Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Omsk State Technical University, Omsk, 644050, Russian Federation, e-mail: nadezhda.tereshcenko@mail.ru

Tureshbaev Abdilda Tureshbaevich, Candidate of Physical-Mathematical sciences, associate professor, Institute of Engineering and Technology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aturesh@mail.ru

Turlugulova Nurzhanar Absamatovna, Master of Sciences, senior lecturer, Institute of Engineering and Technology, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, 120000, Republic of Kazakhstan, e-mail: jannur-08.73@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

Utegulov Arman Bolatbekovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of Power Supply, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010011, Republic of Kazakhstan, e-mail: utegulov76@mail.ru

Utenova Balbupe Esengzhanovna, Candidate of Technical Sciences, associate professor, S. Utebayev Atyrau University of Oil and Gas, Atyrau, 060000, Republic of Kazakhstan, e-mail: balbupe_u_e@mail.ru

Shukas Alibek Yerkinovich, undergraduate student, Faculty of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: alibasskz@gmail.com

Tsyba Yuri Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: y.tsyba@aues.kz

Sharipov Yerkanat, Master of Pedagogical Sciences, S. Seifulin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: erga_91@mail.ru

Shapkenov Baurzhan Kaidarovich, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Electric Power Engineering, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: argin_intel@mail.ru

Sheryazov Saken Koishibaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department «Energy Supply and Automation of Technological Processes», South Ural State Agrarian University, 454080, e-mail: sakenu@yandex.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА («ВЕСТНИК ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ», «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)*.

<u>На отдельной странице (после статьи)</u>

В электронном варианте приводятся <u>полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail</u> (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.

<u>Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.</u>

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: **<u>kereku@tou.edu.kz</u>**

140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,
НАО «Торайгыров университет»,
Издательство «Toraighyrov University», каб. 137.
Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).
E-mai1: kereku@tou.edu.kz

Наши реквизиты:

НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	Приложение kaspi.kz Платежи – Образование –Оплата за ВУЗы – Заполняете все графы (в графе Факультет укажите «За публикацию в научном журнале, название журнала и серии»)
АО «Jýsan Bank» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKKZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861	

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

МРНТИ 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.

С. С. Аубакирова, З. С. Искакова
НАО «Торайгыров университет»,
Республика Казахстан, г. Павлодар

СОЦИАЛИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МИРОВЫХ РЕЛИГИОЗНЫХ ОБЪЕКТОВ

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.

S. S. Aubakirova, Z. S. Iskakova,
Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

SOCIALIZATION OF MODERN WORLD RELIGIOUS SITES

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.

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 истеблишментінде 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.

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 НАУЧНОГО ЖУРНАЛА («ВЕСТНИК ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА», «КРАЕВЕДЕНИЕ»)

Редакционная коллегия журналов «Вестник Торайгыров университет», «Наука и техника Казахстана» и «Краеведение» 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 30.09.2020 ж. жіберілді. Басуға 14.10.2020 ж. қол қойылды.
Электронды баспа
2,99 Mb RAM
Шартты баспа табағы 23,30. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3707

Сдано в набор 30.09.2020 г. Подписано в печать 14.10.2020 г.
Электронное издание
2,99 Mb RAM
Усл. печ. л. 23,30. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3707

«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