

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 3 (2017)

Павлодар

МАЗМҰНЫ**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВОо постановке на учет средства массовой информации
№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Боровиков Ю. С.,	<i>к.т.н., профессор (Россия)</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Горюнов В. Н.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Говорун В. Ф.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Захаров И. В.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Тастенов А. Д.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Хацевский В. Ф.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

Әбдірахманов Е. С., Богомолов А. В., Быков П. О.Екібастұз көмірінің айыппұлдарынан алынған байытылған
отын брикеттерінің жылу құны12**Бейсенби М. А., Брейдо И. В., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н.,
Булатбаева Ю. Ф.**Стохастикалық тәуелді жұмыс жасау барысындағы датчиктердің топтық
зерттеулері әдісінің технологиялық кешенді үлестіру мониторингі17**Брейдо И. В., Бейсенби М. А., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н.,
Булатбаева Ю. Ф.**Тармақталған технологиялық кешендері мониторингтеу жүйелеріндегі
тәуелсіз белсенді датчиктерден топтық сауалнама жасау28**Горчаков Л. В., Вишенкова Ю. А., Волков И. А.**Кернеу резонанс құбылысын зерттеу үшін аппараттық-бағдарламалық
қамтамасыз ету жүйесі37**Жапаргазинова К. Х., Жаукенова Б. Б.**Қыздырылған мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтау
әдістерінің тиімділігін зерттеу49**Жапаргазинова К. Х., Хусаин А. К.**

Дизель отынын гидротазарту56

Кислов А. П., Антонцев А. В., Мухамадиев Е. Б.Желілер бойынша таратылатын кондуктивті электромагниттік
кедергілерді зерттеу әдістемесі63**Кислов А. П., Антонцев А. В., Нугманов М. Е.**Кері реттілік бойынша кернеулердің мағыналарының коэффициенті
бойынша кондуктивті электромагниттік кедергінің есептеу алгоритмі68**Кошечков К. Т., Савостин А. А., Кашевкин А. А., Адильбеков А. Е.**Сымсыз технологиялар негізінде мұнай-газ жабдықтарына
диагностика және мониторинг жүргізу жүйесі73**Крекешева Т. И., Омарова С. Т., Шәкір М. К.**Жұмыстың вахталық әдісінде еңбекті ұйымдастырудың
құқықтық сұрақтары82**Литвинов В. С.**

Тұрғын үй қорының энергиялық тиімділігі90

Никифоров А. С., Акимбекова Б. С.Инновациялық қызметті пайдаланумен таза энергия тасушыны өндіру
мақсатындағы қатты отындарды газдандыру үдерістері97**Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.**Electronics Workbench көмегімен бейтарабы оқшауланған
кабелдік төрапта бір фазалы тұйықталу топтарын үлгілеу105**Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.**
6–10 кВ кабелдік төраптардың конфигурациясы112

Ногай А. С., Қабылбекова О. М., Ускенбаев Д. Е., Айнақұлов Е. Б., Ногай А. А., Исабекова Б. Б., Жақсыбаева Д. К.	
Гибридті электр жетектерінің оңтайлы режимдерін іздеу	119
Приходько Е. В., Абдрахманова К. М., Есембеков Г. Б.	
Жылу жүйелерінің материалдарының қасиеттерінің өзгеруі олардың гидравликалық және жылулық режимдерінің жұмысына әсері	128
Рындин В. В., Каукенова Ж. К., Тулеубаев С. Б.	
МТБЭ-ні Қазақстанда және шетелдерде өндірудің салыстырмалы талдауы	134
Сулейменов М. А., Елубай М. А., Төлегенов Д. Т., Солтанхан А., Жаркенова Д. Ж.	
Қалдықсыз өндіру және аяқ киім кремін алуға шиналардың қайта өңдеуі	140
Талипов О. М.	
Тоқ трансформаторларсыз тоқтық қорғаулар	148
Мукимов Н. С., Садуақасова С. К.	
Астана қ. ЖЭО-2 бугазды қондырғыны қолдану және көмірді ішкі циклды газификациялау технологиясын пайдалану есебінен оңтайландыру жобасы	158
Мустафин А. Х., Адильханов О. Е.	
Діріл диагностикасы нәтижесінде сорғылардың аңықтау ресурстарын басқару	164
Мұқанов Б. Қ., Өмірбекова Ж. Ж., Орақбаев Е. Ж., Ақаев М. Г.	
Ұңғымалар параметрлерін жер асты шаймалау процесінде анықтау	169
Мұқанов Б. Қ., Өмірбекова Ж. Ж., Орақбаев Е. Ж., Сарбасова Р. Б., Әділова Ш. К.	
Жерасты шаймалау ұңғымаларының гидродинамикалық үлгілерін зерттеу және құру	177
Прозорова Т. А., Курманғалиев М. К.	
ЖЭО қолданылатын күл үйінділерінің шаң басу жүйесі	187
Прозорова Т. А., Равдал Е. А.	
ПМХЗ коксты технологиялық пештерін түтіндік газдарынан тазарту	194
Рындин В. В., Дюсова Р. М., Жумабеков А. Е.	
Табиғи газды сығымдағыштар және олардың есебі	201
Серикбаев А. К., Масакбаева С. Р.	
Каталитикалық крекингті терең мұнай өңдейтін алдыңғы қатарлы процесс ретінде дамыту	210
Смаилова А. Д., Рындин В. В.	
Магистральды мұнай құбырының жұмыс режимін өзгерту кезінде энергия шығынын төмендету	220
Тютебаева Г. М., Байкен Н. Ә.	
Астана қаласының жылумен қамтамасыз ету жүйесінің қазіргі жағдайы және оңтайландыру жолдары	229
Тютебаева Г. М., Жағыпар А. С.	
Қазақстан Республикасындағы энергия үнемдеу потенциалы	239

Ускенбаев Д. Е., Ногай А. С., Айнақұлов Э. Б., Исабекова Б. Б., Ускенбаев А. Д.	
Висмут құрамды асқын өткізгішті бірікпелерге қоспалардың әсері	248
Хабдуллин Асет. Б., Хабдуллина З. К., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.	
Геомеханикалық және электротехникалық кешендердің нысандарын электрмен жабдықтау жүйесінің ақпараттық үлгісін құру	257
Хабдуллина З. К., Хабдуллин Асет. Б., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.	
Бағдарламалық кешеннің көмегімен жүктеме және қуат шығынын есептеу	268
Хабдуллин Асет. Б., Хабдуллина З. К., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.	
«ССКӨБ» АҚ үшін жүктеме мен қуат шығынын азайту мақсатында электрмен жабдықтау жүйесі жұмысының режимін оңтайландырудағы энергия үнемдейтін әдістерді даярлау	279
Хабдуллин Асет. Б., Хабдуллина З. К., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.	
Геомеханикалық және электротехникалық кешендердің электрмен жабдықтау жүйесінде электр тұтынуды нөмірлеудің сараптамасы	290
Шаймерденов А. Т.	
Жылу электр станцияларындағы жабдығының сенімділік бағалау әдісінің талдауы	297
Авторларға арналған ережелер.....	308

СОДЕРЖАНИЕ

Абдрахманов Е. С., Богомоллов А. В., Быков П. О.
Теплотворная способность обогащенных топливных брикетов, полученных из мелочи экибастузского угля12

Бейсенби М. А., Брейдо И. В., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.
Мониторинг распределенных технологических комплексов методом стохастического группового опроса датчиков зависимого срабатывания 17

Брейдо И. В., Бейсенби М. А., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.
Групповой опрос датчиков независимой активности в системах мониторинга распределенных технологических комплексов28

Горчаков Л. В., Вишенкова Ю. А., Волков И. А.
Аппаратно-программный комплекс для изучения явления резонанса напряжений37

Жапаргазинова К. Х., Жаукенова Б. Б.
Исследование эффективности методов определения серы в прокаленном нефтяном коксе49

Жапаргазинова К. Х., Хусаин А. К.
Гидроочистка дизельного топлива56

Кислов А. П., Антонцев А. В., Мухамадиев Е. Б.
Методология исследования кондуктивных электромагнитных помех, распространяющихся по сетям63

Кислов А. П., Антонцев А. В., Нугманов М. Е.
Алгоритм расчета кондуктивной электромагнитной помехи по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности68

Кошеков К. Т., Савостин А. А., Кашевкин А. А., Адильбеков А. Е.
Система диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий73

Крекешева Т. И., Омарова С. Т., Шакир М. К.
Правовые вопросы организации труда при вахтовом методе работы82

Литвинов В. С.
Энергоэффективность жилого фонда90

Никифоров А. С., Акимбекова Б. С.
Процессы газификации твердых топлив с целью получения чистых энергоносителей с использованием в инновационной деятельности97

Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.
Моделирование токов однофазного замыкания в кабельной сети с изолированной нейтралью с помощью Electronics Workbench105

Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.
Конфигурация кабельных электрических сетей 6–10 кВ 112

Ногай А. С., Кабылбекова О. М., Ускенбаев Д. Е., Айнакулов Е. Б., Ногай А. А., Исабекова Б. Б., Жаксыбаева Д. К.
Поиск оптимальных режимов работы гибридных накопителей электроэнергии 119

Приходько Е. В., Абдрахманова К. М., Есембеков Г. Б.
Влияние изменения свойств материалов тепловых сетей на гидравлические и тепловые режимы их работы 128

Рындин В. В., Каукенова Ж. К., Тулеубаев С. Б.
Сравнительный анализ производства МТБЭ в Казахстане и за рубежом 134

Сулейменов М. А., Елубай М. А., Толегенов Д. Т., Солтанхан А., Жаркенова Д. Ж.
Безотходное производство и переработка шин для получения обувного крема 140

Талипов О. М.
Токовые защиты без трансформаторов тока 148

Мукимов Н. С., Садуакасова С. К.
Проект оптимизации ТЭЦ-2 г. Астаны за счёт использования технологии внутрицикловой газификации угля и применения ПГУ 158

Мустафин А. Х., Адильханов О. Е.
Определение остаточного ресурса насосного оборудования с помощью данных вибрационной диагностики 164

Муханов Б. К., Омирбекова Ж. Ж., Оракбаев Е. Ж., Акаев М. Г.
Идентификация параметров скважин при процессе подземного выщелачивания 169

Муханов Б. К., Оракбаев Е. Ж., Омирбекова Ж. Ж., Сарбасова Р. Б., Адилова Ш. К.
Исследование и построение гидродинамических моделей скважин подземного выщелачивания 177

Прозорова Т. А., Курмангалиев М. К.
Система пылеподавления действующих золоотвалов ТЭЦ 187

Прозорова Т. А., Равадал Е. А.
Очистка дымовых газов печей прокалики кокса ПНХЗ 194

Рындин В. В., Дюсова Р. М., Жумабеков А. Е.
Нагнетатели природного газа и их расчёт 201

Серикбаев А. К., Масакбаева С. Р.
Развитие каталитического крекинга, как передового процесса глубокой переработки нефти 210

Смаилова А. Д., Рындин В. В.
Снижение затрат энергии при смене режима работы магистрального нефтепровода 220

Тютебаева Г. М., Байкен Н. А.
Современное состояние и пути усовершенствование системы теплоснабжения г. Астаны 229

Тютебаева Г. М., Жағыпар А. С.	
Потенциал энергосбережения в Республике Казахстан	239
Ускенбаев Д. Е., Ногай А. С., Айнакулов Э. Б., Исабекова Б. Б., Ускенбаев А. Д.	
Влияние добавок на висмутосодержащие сверхпроводящие соединения	248
Хабдуллин Асет Б., Хабдуллина З. К., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.	
Построение информационной модели системы электроснабжения объектов электротехнических и геомеханических комплексов	257
Хабдуллина З. К., Хабдуллин Асет Б., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.	
Расчет потерь мощности и нагрузки с помощью программного комплекса	268
Хабдуллин Асет Б., Хабдуллина З. К., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.	
Разработка энергосберегающих методов оптимизации режимов работы систем электроснабжения с целью минимизации потерь мощности и нагрузки для АО «ССГПО»	279
Хабдуллин Асет Б., Хабдуллина З. К., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.	
Анализ нормирования электропотребления в системах электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов	290
Шаймерденов А. Т.	
Анализ методов оценки надежности оборудования тепловых электрических станций	297
Правила для авторов	308

CONTENT

Abdrakhmanov Ye. S., Bogomolov A. V., Bykov P. O.	
The calorific value of enriched fuel briquettes obtained from the fines of Ekibastuz coal	12
Beisenbi M. A., Breido J. V., Feshin B. N., Bulatbayev B. N., Bulatbayeva Y. F.	
Monitoring of the distributed technological complexes by method of stochastic group poll of dependent operation sensors	17
Breido J. V., Beisenbi M. A., Feshin B. N., Bulatbayev F. N., Bulatbayeva Y. F.	
Group survey of independent activity sensors in monitoring systems of distributed technological complexes	28
Gorchakov L. V., Vishenkova Yu. A., Volkov I. A.	
Hardware-software complex for studying the phenomenon of stress resonance	37
Zhapargazinova K. Kh., Zhaukenova B. B.	
Research of sulfur determination methods efficiency in calcined petroleum coke	49
Zhapargazinova K. Kh., Khussain A. K.	
Hydrocleaning diesel fuel	56
Kislov A. P., Antontsev A. V., Mukhamadiyev E. B.	
The research methodology of conductive electromagnetic noise spreading over the grids	63
Kislov A. P., Antontsev A. V., Nugmanov M. E.	
Algorithm for calculation of conductive electromagnetic interference by the unbalance factor of the negative sequence voltage	68
Koshekov K. T., Savostin A. A., Kashevkin A. A., Adilbekov A. E.	
System diagnostics and monitoring of oil and gas equipment based on wireless technologies	73
Krekeshcheva T. I., Omarova S. T., Shakir M. K.	
Legal issues of the organization of labor under the shift work method	82
Litvinov V. S.	
Energy efficiency of housing stock	90
Nikiforov A. S., Akimbekova B. C.	
Gasification of solid fossil fuels for the purpose of receiving clean energy using innovation methods	97
Novozhilov A. N., Issabekov Z. B., Novozhilov T. A.	
Simulation of single-phase circuit currents in a cable net with an isolated neutral with Electronics Workbench	105
Novozhilov A. N., Issabekov Z. B., Novozhilov T. A.	
Configuration of cable electrical networks 6–10 kV	112

Nogay A. S., Kabelbekova O. M., Uskenbaev D. E., Ainakulov E. B., Nogay A. A., Issabekova B. B., Zhaksybayeva D. K.	
The search for optimal modes of operation of hybrid power storage devices	119
Prihod'ko E. V., Abdrahmanova K. M., Esembekov G. B.	
Influence of changes in the properties of heat network materials on the hydraulic and thermal modes of their operation	128
Rindin V. V., Kaukenova Zh. K., Tuleubayev S. B.	
A comparative analysis of the production of MTBE in Kazakhstan and abroad	134
Suleimenov M. A., Elybai M. A., Tolegenov D. T., Soltanhan A., Zharkenova D. Zh.	
Waste-free production and processing of tires for obtaining shoe cream	140
Talipov O. M.	
Overcurrent protection without current transformers	148
Mukimov N. S., Sadvakasova S. K.	
Project of optimization of TPP-2 in Astana through the using of technology of intracyclic coal gasification and the using of combined steam-gas units	158
Mustafin A. K., Adilkhanov O. E.	
Determination of residual resource of pumping equipment through vibration diagnostic data	164
Mukhanov B. K., Omirbekova Zh. Zh., Orakbayev Y. Zh., Akayev M. G.	
Identification of well parameters at the underground leaching process	169
Mukhanov B. K., Omirbekova Zh. Zh., Orakbayev Y. Zh., Sarbassova R. B., Adilova Sh. K.	
Research and build of hydrodynamic models of in-situ leaching wells	177
Prozorova T. A., Kurmangaliev M. K.	
Dust suppression system at the existing ash dumps TTP	187
Prozorova T. A., Ravdal E. A.	
Cleaning of flue gases of POGR coke baking ovens	194
Ryndin V. V., Dyussova R. M., Jumabekov A. U.	
Superchargers of natural gas and their calculation	201
Serikbaev A. K., Masakbaeva S. R.	
Development of catalytic cracking as an advanced process of deep oil refining	210
Smailova A. D., Ryndin V. V.	
Reducing energy costs when changing the operation mode of the main oil pipeline	220
Tyutebaeva G. M., Baiken N. A.	
Current state and ways to improve the heat supply system in Astana city	229
Tyutebaeva G. M., Zhagypar A. S.	
Potential of energy conservation in the Republic of Kazakhstan	239
Uskenbaev D. E., Nogay A. S., Aynakulov E. B., Issabekova B. B., Uskenbaev A. D.	
The effect of additives on bismuth-containing superconducting compounds ..	248

Khabdullin Asset B., Khabdullina Z. K., Markowski V. P., Khabdullin Arman B.	
Construction of informative model systems of power supply objects of electrical engineering and geomechanical complexes	257
Khabdullina Z. K., Khabdullin Asset B., Markowski V. P., Khabdullin Arman B.	
Calculation of losses and loads with the help of the software	268
Khabdullin Asset B., Khabdullina Z. K., Markowski V. P., Khabdullin Arman B.	
Development of energy saving methods optimizing the operating modes of electrical supply systems with the purpose of minimizing power loss and loading for JSC «SSMPA»	279
Khabdullin Asset B., Khabdullina Z. K., Markowski V. P., Khabdullin Arman B.	
Analysis of the normalization of power consumption in power supply systems for electrical and geomechanical complexes	290
Shaimerdenov A. T.	
Analysis of the equipment reliability estimation methods in the heat power stations	297
Rules for authors	308

Е. С. Абдрахманов¹, А. В. Богомоллов², П. О. Быков³

¹к.т.н., профессор; ²к.т.н., ассоц. профессор; ³к.т.н., ассоц. профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

e-mail: ¹era11512@mail.ru; ²bogomolov71@mail.ru; ³Bykov_petr@mail.ru

ТЕПЛОТВОРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ОБОГАЩЕННЫХ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МЕЛОЧИ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ

В настоящей статье приведен анализ теплотворной способности обогащенных топливных брикетов, полученных из мелочи Экибастузского угля с применением различных типов связующих.

Ключевые слова: отходы, теплоэнергетика, уголь, брикеты.

ВВЕДЕНИЕ

По запасам угля Республика Казахстан занимает 8 место в мире. В Казахстане из 155 известных угольных месторождений изучено более 40 с промышленными запасами около 35,8 млрд. т (3,6 % мировых запасов). Наиболее крупными из них являются Экибастузский (12,5 млрд. т), Карагандинский (9,3 млрд. т) и Тургайский (5,8 млрд. т) угольные бассейны.

Экибастузский угольный бассейн разрабатывается открытым способом, что в свою очередь отрицательно сказывается на экологической обстановке региона. Загрязняющими факторами здесь являются вскрышные работы и отвалы после них. Одним из самых тяжелых загрязняющих факторов является унос ветром угольной пыли и мелочи с открытых угольных разработок и отвалов. Это наносит непоправимый вред землям, пригодных для ведения сельского хозяйства [1–3].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования являлись угольная мелочь и процессы обогащения Экибастузского угля с получением топливных брикетов с повышенной теплотворной способностью и меньшей зольностью, способствующие улучшению экологической обстановки в угледобывающих и углеперерабатывающих регионах.

При проведении экспериментов использовались следующее оборудование, приспособления, приборы и материалы:

- стандартная лабораторная гильза (Усманский механический завод);
- разъемная лабораторная гильза;
- шеститонный пневматический пресс модели 91271Б;
- компрессор типа Г-12;
- электропечь муфельная модели SNOL-6,7/1300;
- электропечь сушильная модели SNOL-6,7/350;
- пресс УИМ WDW-200;
- микроскоп модели МЕТАМ ЛВ-34;
- весы электронные с точностью 0,01 грамм;
- смеситель катковый лабораторный;
- угольная мелочь фракции 0,8–1,2 мм, сажа резиновая с постоянной фракцией 60–100 Å, анодная пыль электрлизеров для получения алюминия фракции 0,2–0,4 мм.

В экспериментах приготовлены брикетные смеси с различными составами и гранулометрическими крупностями угольной мелочи, т.к. крупности анодной пыли и резинотехнической сажи постоянные.

Брикетная масса смешивалась в катковом смесителе при порошкообразных состояниях трех компонентов, затем строго отвешенная на точных весах 140 г масса смеси помещается в лабораторную гильзу, диаметром 50 мм и высотой 120 мм с поддоном и нагревается в термической печи в течение 5 минут при температуре 200–250 °С. После этого, гильза со смесью устанавливалась под шеститонный пресс и уплотнялась при удельном давлении 25,5 МПа. Затем, образец брикета выгалькивалась из гильзы и определялась плотность получаемого брикета. У полученных брикетов высота колебалась в пределах 50±1 мм, из-за нестабильности работы пневмопрессового узла, которая свойственна таким машинам работающих на сжатом воздухе. Поэтому плотность полученных брикетов колебалась в допустимых пределах от 1,38 до 1,46 г/см³ [4–6].

Удельное давление прессования смеси в гильзе диаметром 50 мм подсчитывали по формуле

$$P_{уд} = P_{пр} / F_6, \text{ МПа}$$

где $P_{пр}$ – усилие прессовое, кгс;

F_6 – площадь поперечного сечения брикета, см².

Из каждой смеси определенного состава изготавливалась по пять образцов и их среднее значение давало состав пробы. Таким образом представлено шесть проб. Одна партия таких проб была отвезена в ТОО «Институт химии угля и технологии» (г. Астана), как независимым экспертам, для определения углерода и энтальпии сгорания угольных брикетов. Характеристики проб приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики проб топливных брикетов

N проб	Наименование компонентов	Содержание, %	Фракция, мм	Время перемешивания, мин.	Время нагрева, мин	Температура нагрева, °С	Плотность брикета, г/см ³	Уд.давление прессования, МПа
1	Уголь Пыль анодная Пек нефтяной	45 30 25	0,8-1,2 0,2-0,4 0,2-0,4	8	5	200	1,41	25,5
2	Уголь Сажа резиновая Пек нефтяной	53 27 20	0,8-1,0 0,0006-0,001 0,2-0,4	5	5	250	1,44	25,5
3	Уголь Пыль анодная Пек нефтяной	45 25 30	1,0-1,2 0,2-0,4 0,2-0,4	8	5	200	1,42	25,5
4	Уголь Пыль анодная Пек нефтяной	53 27 20	1,0-1,2 0,2-0,4 0,2-0,4	5	5	250	1,46	25,5
5	Уголь Пыль анодная Пек нефтяной	45 30 25	0,8-1,0 0,2-0,4 0,2-0,4	8	5	250	1,45	25,5
6	Уголь Сажа резиновая Суспензия Биомассы с водой	50 25 25	0,8-1,2 0,0006-0,001 -	5	сушка 60 мин.	105	1,38	25,5

По показаниям сертификата, выданным ТОО «Институт химии угля и технологии» (г. Астана) лучшими показателями обладают пробы № 1, № 3, № 5, т.е. пробы, где состав соответствует аналитически рассчитанной рецептуре брикетной массы и длительности сухого перемешивания (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты химического анализа на углерод (С) в угольных брикетах и расчет энтальпии сгорания угольных брикетов

№ брикетов	Содержание углерода, %	-ΔН ⁰ сгорания, кДж/кг	-ΔН ⁰ сгорания, ккал/кг
1	61,05	23834	5696,5
2	54,63	19523	4666,1
3	63,89	25741	6152,3
4	60,74	23626	5646,0
5	68,18	28622	6840,8
6	56,31	20651	493,7

Расчет ΔН⁰ сгорания проведен по формуле из экспериментальных данных по энтальпии сгорания углей разреза «Северный» Экибастузского бассейна:

$$\Delta H_{\text{сгор.}} = 17161 - 671,5 (\% \text{ C}), \text{ кДж/кг.}$$

Сравнение с теплотой сгорания Экибастузского угля (17380 кДж/кг) показывает более высокие тепловые характеристики угольных брикетов как на биосвязующих, так и на нефтяном пеке.

ВЫВОДЫ

Определено количественное соотношение компонентов в брикете. Определены плотности компонентов и необходимая плотность брикета, расчетным путем установлены весовые соотношения компонентов и масса загружаемой в гильзу шихты.

Выявлено, что теплотворная способность брикетов выше, чем у экибастузского угля на 20–40 %, причем теплотворная способность (-ΔН⁰_{сгорания} = 6840,8 ккал/кг) наиболее высокая у брикетов с обогатителем в виде анодной пыли и связующем в виде нефтяного пека.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Указ Президента Республики Казахстан от «01» августа 2014 года № 874 «Об утверждении Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы и о внесении дополнения в Указ Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года № 957 «Об утверждении перечня государственных программ».

2 Постановление правительства РК от 28 июня 2008 года № 644. О Концепции развития угольной промышленности Республики Казахстан на период до 2020 года.

3 Брикетирование природного сырья и промышленных отходов как инновационный техноэкологический ресурс : научное издание / Г. Б. Мелентьев, В. М. Короткий // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренц-региона в технологии строительных и технических материалов. – Апатиты, 2013. – С. 180–183.

4 **Abdrakhmanov, Ye. S., Bykov, P. O., Bogomolov, A. V., Kulumbayev, N. K., Mukanov, R. B.** Ecological aspects of use of Ekibastuz high-ash coal/ Materials of the 11 International scientific and practical conference Prospects of World science. – Vol.10. – Technical Science. – Sheffield : Science and Education Ltd, 2015. – P. 5–7.

5 **Абдрахманов, Е. С., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Ахмедьянова, Г. К.** Особенности использования высокозольных углей Экибастузского месторождения / Материалы международной научно-теоретической конференции «VIII Торайгыровские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2015. – Т. 5. – С. 233–237.

6 **Абдрахманов, Е. С., Быков, П. О., Кулумбаев, Н. К.** Экспериментальное определение технологических параметров лопастного смесителя / Материалы международной научной конференции «XV Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2015. – Т. 14. – С. 3–7.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Е. С. Абдрахманов, А. В. Богомолов, П. О. Быков

Екібастұз көмірінің айышпұлдарынан алынған байытылған отын брикеттерінің жылу құны

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Ye. S. Abdrakhmanov, A. V. Bogomolov, P. O. Bykov

The calorific value of enriched fuel briquettes obtained from the fines of Ekibastuz coal

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Осы мақалада Екібастұз көмірінің ұсағынан әртүрлі байланыстырғыш заттардың қолдануымен алынған байытылған отындық жентектердің жылу шығару мүмкіндігінің анализі келтірілген.

In this article, there is given an analysis of the calorific value of enriched fuel briquettes obtained from the fines from Ekibastuz coal using various types of binders.

УДК 621.394/395

**М. А. Бейсенби¹, И. В. Брейдо², Б. Н. Фешин³,
Ф. Н. Булатбаев⁴, Ю. Ф. Булатбаева⁵**

¹д.т.н., профессор, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана; ²д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автоматизация производственных процессов»; ³д.т.н., профессор, кафедра «Автоматизации производственных процессов»; ⁴к.т.н., декан Факультета энергетики, автоматизации и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда; ⁵докторант, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана
e-mail: ¹beisenbi@mail.ru; ²j.breido@kstu.kz; ³f.feshin@kstu.kz; ⁴felix4965@mail.ru; ⁵Julia_my_angel@mail.ru

МОНИТОРИНГ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МЕТОДОМ СТОХАСТИЧЕСКОГО ГРУППОВОГО ОПРОСА ДАТЧИКОВ ЗАВИСИМОГО СРАБАТЫВАНИЯ

В статье описывается одновременный опрос датчиков по общему радиоканалу, который предоставляется только на время группового опроса. Представлена методика осуществления опросов с учетом зависимого срабатывания датчиков. Методика позволяет повысить эффективность применения группового опроса. Представлена математическая модель системы мониторинга. Приведены результаты численного моделирования системы при изменении различных параметров модели.

Ключевые слова: групповой опрос, мониторинг, математическая модель, датчик, зависимое срабатывание.

ВВЕДЕНИЕ

Повсеместное проникновение общедоступных беспроводных сетей, а также создание сенсорных сетей позволило создавать на их базе системы мониторинга и телеметрии различных конфигураций. Такие системы мониторинга могут применяться для наблюдения за состоянием крупных распределенных технологических комплексов, нефтепроводами, электросетями, теплосетями. Датчики технологических комплексов для передачи информации могут использовать каналы передачи данных сети

подвижной сотовой связи (СПСС) стандартов GSM, UMTS, CDMA, а также сетей типа WiFi и WiMAX [1].

В распределенных технологических комплексах применяются датчики, которые в случае возникновения аварии передают сигнальную информацию с объекта. Для таких объектов неэффективны индивидуальные методы опроса каждого датчика, поскольку время опроса растет прямо пропорционально увеличению числа датчиков. Поскольку аварии на сети происходят редко, то датчики будут передавать пустые сообщения, а в больших сетях опрос всех датчиков займет много времени. При этом авария будет выявлена с опозданием. Предложен метод группового опроса, при котором производится одновременный опрос датчиков, выбираемых по стохастической матрице, по общему радиоканалу, который предоставляется только на время опроса. Далее при анализе результатов на диспетчерском пункте принимается решение об активности каждого из датчика.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Математическая модель группового опроса в сети мониторинга, учитывающая зависимость между срабатыванием датчиков

В отличие от рассматриваемой задачи группового опроса в сети мониторинга, не учитывающей зависимость между срабатыванием датчиков, сейчас предполагается, что при обнаружении на объекте чрезвычайной ситуации будет сниматься информация со всех датчиков. Такой подход объясняется тем, что анализ информации со всех датчиков позволяет получить более точное представление о характере происшествия. Передача информации с датчиков, которые не обнаружили признаков происшествия, приводит лишь к некоторому дополнительному использованию каналов связи и может рассматриваться как незначительное удорожание стоимости обнаружения происшествия [2].

В данной задаче предполагается, что вероятность возникновения внештатных ситуаций в сети p_d не известна, однако известно, что она достаточно мала: $p_d \leq p_d^0$, где p_d^0 – некоторая заданная вероятность, аналог величины $p_d = \frac{s_0}{t}$, используемой в модели, учитывающей зависимость между срабатыванием датчиков. Вместе с тем, использование в алгоритме управления опросами верхней границы этой вероятности для расчета допустимого числа активных датчиков не эффективно, поскольку используемый метод группового опроса чувствителен к предполагаемому количеству датчиков. Это связано с тем, что при неправильном задании предполагаемого числа активных датчиков значительно падает информативность данных опроса [3].

Таким образом, предполагается, что при возникновении внештатных ситуаций на j -ом объекте одновременно срабатывает z_j датчиков, где z_j – дискретная случайная величина с распределением на множестве $\{1, \dots, n_j\}$.

Далее возможны различные постановки задачи в зависимости от априорных предположений о распределении величин z_j .

Распределение величины z_j зависит от соответствующего объекта, причины возникновения чрезвычайной ситуации, расположения датчиков и т.п. Все эти обстоятельства обычно неизвестны или сложно прогнозируемы. Поэтому далее рассматривается предположение, что вероятность срабатывания всех датчиков на одном объекте достаточно велика. Как показали исследования, самой трудоемкой для идентификации ситуация будет в случае срабатывания большого числа датчиков, поэтому алгоритм идентификации, который хорошо работает в предположении $z_j \equiv n_j$, должен хорошо работать и в ситуации $z_j < n_j$.

При этом в сети имеется t датчиков, причем вероятность передачи каждым датчиком информации об аварийном состоянии мала. Переменные x_1, \dots, x_t описывают участие датчиков в опросе. Производится одновременный опрос некоторого числа s с помощью матрицы опроса A по общему радиоканалу, который предоставляется только на время группового опроса. Если элемент матрицы равен 1, то датчик участвует в опросе, а если 0, то он не участвует в опросе. На рисунке 1 приведен пример матрицы для 10 опросов. Число столбцов матрицы соответствует количеству датчиков в сети, а количество строк соответствует числу опросов [4].

Если при опросе группы датчиков в ней имеется датчик, который сигнализирует о наличии аварии, то на диспетчерский пункт приходит сигнал, который интерпретируется как 1. Если в группе нет датчиков с аварийными сигналами, то от них не поступает сигналы на диспетчерский пункт, что соответствует 0. По результатам каждого опроса получается соответствующее значение функции f_j , как сигнал, сформировавшийся в общем канале связи:

$$f_j = (a_1^j \wedge x_1) \vee (a_t^j \wedge x_t), \quad (1)$$

где \wedge – булево произведение, \vee – булева сумма.

1 датчик	2 датчик	3 датчик	4 датчик	5 датчик	...	t-1 датчик	t датчик	Номер опроса
0	1	0	1	0		1	0	1
1	1	0	0	0		0	0	2
0	0	1	1	0		1	1	3
0	0	0	1	1	...	1	0	.
1	1	1	1	1		0	1	.
0	0	1	0	0		0	1	.
1	1	0	0	0		0	0	.
1	0	1	0	1		0	1	.
0	1	0	1	0		1	0	.
1	0	0	1	0		0	1	N

Рисунок 1 – Пример матрицы опроса

Предполагается, что в канале связи возможно искажение информации, что задается матрицей W :

$$W = \begin{pmatrix} 1 - \beta_0 & \beta_0 \\ \beta_1 & 1 - \beta_1 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где β_0 – вероятность искажения приема 0 (т.е. наблюдается значение 1 вместо 0), а β_1 – вероятность искажения приема 1 (т.е. наблюдается значение 0 вместо 1). Поэтому результат j -го опроса будет z_j , который принимает значение 0 или 1 в соответствии с W независимо от значений в других наблюдениях при условии, что значения y_j фиксированы [4].

В данной статье приведена математическая модель задачи, в которой основной единицей сети является не датчик, а объект.

2 Алгоритм пофакторного обнаружения активных датчиков

Рассмотрим сеть, состоящую из B объектов. На каждом объекте установлены аварийные датчики. На j -ом объекте установлено, n_j датчиков, $j=1, \dots, B$ (рисунок 2), максимально возможное число датчиков на объекте предполагается относительно небольшим. Таким образом, всего имеется $t = \sum_{j=1}^B n_j$ датчиков.

Сформулируем правила опроса датчиков для определения s_t , которые имеют сообщения об аварии. Будем считать, что число объектов B велико, а число датчиков, которые одновременно срабатывают при аварии n^* относительно невелико.

Строится матрица опросов объектов, в которой количество столбцов матрицы равно числу объектов. Далее нужно на каждом объекте выбрать

опрашиваемый датчик. Делается это на основании стохастической матрицы. Опрашиваемый датчик выбирается случайным образом независимо от участия в предыдущих опросах.

Далее в работе подробно рассмотрен случай, когда на объектах имеется одинаковое число датчиков, и все они срабатывают. В этом случае сначала выбираются объекты, на которых будут опрашиваться датчики, а затем на каждом из объектов выбирается опрашиваемый датчик. Если на объекте один датчик идентифицирован как активный, то все датчики объекта считаются активными. Решение об активности датчика принимается на основе пофакторного анализа с использованием метода максимального правдоподобия [5].

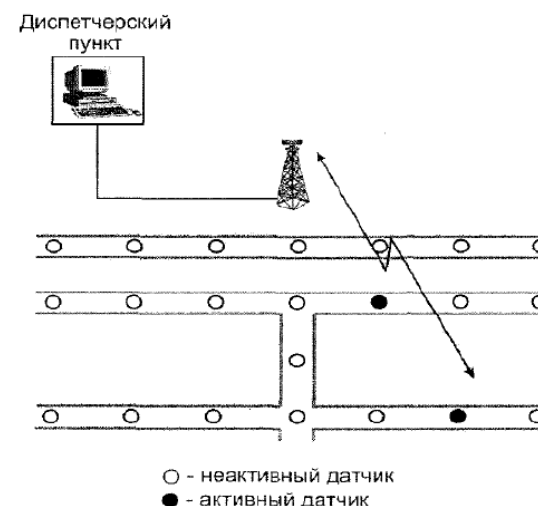


Рисунок 2 – Распределение датчиков по объектам

Таким образом, после проведения N опросов для каждого из t датчиков вычисляются величины $x_{00}(i), x_{10}(i), x_{01}(i), x_{11}(i)$, а на их основании определяется отношение правдоподобия $L(i)$:

$$L(i) = a_{00}x_{00}(i) + a_{10}x_{10}(i) + a_{01}x_{01}(i) + a_{11}x_{11}(i), \quad (2)$$

где $x_{00}(i)$ – количество наблюдений, когда на i -ом объекте не опрашивался ни один датчик и результат опроса оказался равным 0;

$x_{10}(i)$ – количество наблюдений, когда на i -ом объекте опрашивался хотя бы один датчик, а результат опроса равен 0;

$x_{01}(i)$ – количество наблюдений, когда на i -ом объекте не опрашивался ни один датчик, а результат опроса равен 1;

$x_{11}(i)$ – количество наблюдений, когда на i -ом объекте опрашивался хотя бы один датчик, а результат опроса равен 1.

$$\alpha_{00}^0 = \log \frac{1-\beta_0-\hat{p}^0(1-\beta_0-\beta_1)}{1-\beta_0-p^0(1-\beta_0-\beta_1)}; \quad (2)$$

$$\alpha_{00}^0 = \log \frac{1-\beta_0-\hat{p}^0(1-\beta_0-\beta_1)}{1-\beta_0-p^0(1-\beta_0-\beta_1)}; \quad (3)$$

$$\alpha_{01}^0 = \log \frac{\beta_0+\hat{p}^0(1-\beta_0-\beta_1)}{\beta_0+p^0(1-\beta_0-\beta_1)}; \quad (4)$$

$$\alpha_{10}^0 = \log \frac{\beta_1}{1-\beta_0-p^0(1-\beta_0-\beta_1)}; \quad (5)$$

$$\alpha_{11}^0 = \log \frac{1-\beta_1}{\beta_0+p^0(1-\beta_0-\beta_1)}; \quad (6)$$

где $\hat{p}^0 = 1 - (1 - p_0)^{S_0-1}$, $p^0 = 1 - (1 - p_0)^{S_0}$.

На основании значения ошибки первого рода вычисляются значения порога L_0 , при превышении которого логарифмом отношения правдоподобия $L(i)$ принимается решение, что i -й датчик является активным, s_0 – количество предполагаемых чрезвычайных ситуаций. Величина s_0 определяется на основе наблюдений, которые проводятся на сети. Она зависит от типа сети, от причин возникновения аварийных ситуаций, от времени года, суток и т.д. [6].

Далее решение о наличии чрезвычайной ситуации на объекте принимается в том случае, когда хотя бы один датчик признан активным. Выходными характеристиками алгоритма будут величины $\hat{J}_1, \dots, \hat{J}_S$ – номера объектов, на которых зафиксированы чрезвычайные ситуации, \hat{S} – количество обнаруженных чрезвычайных ситуаций.

Характеристиками качества алгоритма являются вероятности правильной идентификации чрезвычайных ситуаций на объектах: P_1 – вероятность того, что будет пропущен активный датчик и P_2 – вероятность неправильного определения активности хотя бы одного датчика. Вероятности вычисляются в предположении, что на множестве возможных значений S задано равномерное распределение.

Алгоритм определения объектов, на которых произошли аварийные ситуации, приведен на рисунок 3 [6].



Рисунок 3 – Алгоритм поиска объектов, на которых наблюдается чрезвычайная ситуация

После проведения опроса на диспетчерский пункт поступают его результаты. Далее отдельно для каждого из секторов сети, происходит определение отношения правдоподобия и определение объектов, на которых фиксируется чрезвычайная ситуация.

Если обнаруживается резкий рост сообщений о чрезвычайных ситуациях, то это может быть сигналом к тому, что число фиксируемых ситуаций оказалось больше предполагаемого. В этом случае необходимо послать на датчики управляющий сигнал о переходе на матрицу опроса с увеличенным значением параметра s_0 .

3 Результаты численного моделирования, если все датчики на объекте срабатывают одновременно

На основании исходных данных вычислялись исходные параметры алгоритма: продолжительность опроса, коэффициенты для вычисления отношения правдоподобия, порог принятия решения. Для каждого эксперимента случайным образом определялись объекты, на которых предполагается наличие чрезвычайной ситуации. Далее строилась случайным образом матрица опросов. На основании матрицы опросов и выбранных номеров объектов с чрезвычайными ситуациями определялись значения результатов опроса с учетом возможного искажения результата наблюдения. После этого для каждого объекта вычислялась статистика L_i : определялось, участвовал ли хотя бы один из датчиков данного объекта в текущем опросе и в зависимости от этого и результата опроса определялся тот из коэффициентов $a_{00}, a_{10}, a_{01}, a_{11}$, который следует добавить в статистику L_i . После вычисления всех статистик определялось: множество объектов с чрезвычайными ситуациями и количество таких объектов. Далее определялось, является ли принятое решение правильным с точки зрения правильного определения всех объектов и не пропущены ли объекты с чрезвычайной ситуацией, вычислялись характеристики P_1, P_2 и \hat{S} , как среднее значение числа обнаруженных объектов [6].

Были проведены численные исследования эффективности предлагаемого метода группового опроса, учитывающие структуру сети. В таблице 1 приведены результаты вычислений, когда $B = 200, s_r = 1, s_0 = 1$.

Таблица 1 – Результаты обнаружения аварии при зависимом срабатывания датчиков

n^*	N	P_1	P_2	\hat{S}
1	16	0.02	0.00	1.01
2	18	0.00	0.00	1.02
3	20	0.03	0.01	0.99

Приведенные данные показывают, что предлагаемый метод поиска одного объекта, на котором наблюдается внештатная ситуация, обладает хорошими свойствами. Так для определения аварии на одном из 200-х объектов, на котором сработало 3 датчика, потребуется только 20 опросов. В первом случае с небольшой вероятностью был обнаружен лишний объект, а в третьем в трех случаях из 100 объект не был обнаружен.

Также был рассмотрен случай, когда существенно нарушается условие $n_j = n^*$. В такой ситуации применение описанного ранее алгоритма может быть неэффективным, поскольку теперь значение вероятности участия датчика в опросе не будет обеспечивать максимальную информативность наблюдений.

Были проведены численные исследования применения описанного выше алгоритма в ситуации, когда при возникновении чрезвычайной ситуации всегда срабатывает один датчик, а остальные датчики срабатывают независимо с вероятностью p_d . В этом случае среднее значение z_j окажется равным $1 + p_d(n^* - 1)$. Результаты моделирования приведены в таблице 2. Исследования показали, что когда вероятность срабатывания других датчиков на объекте больше или равно 0,8, то оценки получаются удовлетворительными.

Таблица 2 – Результаты обнаружения аварии при моделировании зависимого срабатывания датчиков при $B = 200, s_r = 2, s_0 = 2$

pd	P_1	P_2	\hat{S}
1.0	0.05	0.05	1.98
0.9	0.22	0.22	1.77
0.8	0.38	0.37	1.60
0.7	0.52	0.50	1.42
0.6	0.64	0.62	1.25

Приведенные данные показывают, что точность работы алгоритма падает с ростом вероятности того, что другие датчики на объекте не срабатывают. Связано это с тем, что при попадании опроса на датчик, который не сработал, происходит неправильная интерпретация результата наблюдений: считается в этом случае, что на объекте нет чрезвычайной ситуации. Анализ значений логарифма отношения правдоподобия для таких датчиков показывает, что в этом случае наблюдается большой разброс их значений, что и приводит к дополнительному пропуску чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, необходимо учитывать, что на исследуемых объектах может быть установлено различное число датчиков. При этом целесообразно разбить исследуемую крупную сеть на более мелкие с одинаковым числом датчиков, которые могут сработать одновременно.

Рассмотренный метод опроса датчиков позволяет проводить групповой опрос аварийных датчиков по общему радиоканалу и позволяет за относительно небольшое число опросов выявить аварийную ситуацию на различных технических объектах. Применение организации опросов с учетом зависимого срабатывания датчиков позволяет существенно повысить эффективность метода группового опроса [6].

ВЫВОДЫ

Для современных беспроводных сетей мониторинга и телеметрии характерно большое количество датчиков информации, причем во многих

случаях вероятность передачи полезной информации конкретным датчиком очень мала. В этом случае предоставлять датчикам постоянный канал связи с центральным диспетчерским пунктом экономически нецелесообразно.

Если число датчиков сети превосходит несколько сотен, то применение циклических опросов или других способов индивидуального опроса датчиков требует излишних ресурсов и может быть весьма продолжительным по времени.

Метод группового опроса датчиков оправдан для сетей большой размерности. Чем больше размер сети, тем больше эффективность метода группового опроса.

Метод группового опроса в сетях мониторинга при зависимой активности датчиков позволяет проводить групповой опрос аварийных датчиков по общему радиоканалу и позволяет за относительно небольшое число опросов выявить аварийную ситуацию на различных технических объектах. Применение организации опросов с учетом зависимого срабатывания датчиков позволяет существенно повысить эффективность метода группового опроса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Вишневский, В. М., Портной, С. Л., Шахнович, И. В.** Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. – М. : Техносфера, 2009. – 472 с.

2 **Вишневский, В. М., Семенова, О. В.** Системы поллинга: теория и применение в широкополосных и беспроводных сетях. – М. : Техносфера, 2007. – 312 с.

3 **Маликова, Е. Е., Цитович, И. И.** Задача обеспечения эффективности группового поллинга в сетях мониторинга // Журнал «Проектирование и технология электронных средств». – 2009. – № 2. – С. 35–38.

4 **Маликова, Е. Е., Цитович, И. И.** Исследование эффективности группового поллинга при зависимой активности датчиков в сетях мониторинга // Журнал «Информационные процессы». – 2011. – Т. 11. – №2. – С. 304–310.

5 **Маликова, Е. Е.** Модель группового поллинга для систем мониторинга и телеметрии, учитывающая зависимость между срабатыванием датчиков // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем». – М. : РУДН, 2011. – С. 40–42.

6 **Богомоллова, Н. Е., Маликова, Е. Е.** Стратегия динамического опроса датчиков, установленных на промышленных объектах, с учетом их зависимого срабатывания // Журнал «Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт». – 2014. – № 9. – С. 26–30.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

М. А. Бейсенби¹, И. В. Брейдо², Б. Н. Фешин², Ф. Н. Булатбаев², Ю. Ф. Булатбаева¹

Стохастикалық тәуелді жұмыс жасау барысындағы датчиктердің топтық зерттеулері әдісінің технологиялық кешенді үлестіру мониторингі

¹Л. Н. Гумилев атындағы

Еуразиялық мемлекеттік университеті, Астана қ.

²Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

M. A. Beisenbi¹, J. V. Breido², B. N. Feshin², F. N. Bulatbayev², Y. F. Bulatbayeva¹

Monitoring of the distributed technological complexes by method of stochastic group poll of dependent operation sensors

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana;

²Karaganda State Technical University, Karaganda.

Material received on 18.09.17.

Мақалада тек топтық зерттеулер кезіндегі ортақ радиоканалдар арқылы датчиктерді бір уақыттағы зерттеулері сипатталған. Тәуелді жұмыс жасау кезіндегі датчиктердің зерттеу әдістері келтірілген. Көрсетілген әдіс методикасы топтық зерттеулердің әлде қайда тиімді екенін көрсетеді. Мониторинг жүйесінің математикалық моделі қарастырылған. Модельдің әр түрлі параметрлерін өзгерту барысындағы сандық модельдеу жүйесінің нәтижелері көрсетілген.

The article describes a simultaneous interrogation of sensors on a common radio channel, which is provided only for the time of the group survey. The technique of interrogations is presented taking into account the dependent triggering of sensors. The technique allows to increase the effectiveness of the group survey. A mathematical model of the monitoring system is presented. The results of numerical simulation of the system are given when different model parameters are changed.

**И. В. Брейдо¹, М. А. Бейсенби², Б. Н. Фешин³,
Ф. Н. Булатбаев⁴, Ю. Ф. Булатбаева⁵**

¹д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автоматизация производственных процессов», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда; ²д.т.н., профессор, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана; ³д.т.н., профессор, кафедра «Автоматизация производственных процессов»; ⁴к.т.н., декан Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда; ⁵докторант, кафедра «Системный анализ и управление», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана
e-mail: ¹j.breido@kstu.kz; ²beisenbi@mail.ru; ³f.feshin@kstu.kz;
⁴felix4965@mail.ru; ⁵Julia_my_angel@mail.ru

ГРУППОВОЙ ОПРОС ДАТЧИКОВ НЕЗАВИСИМОЙ АКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В статье представлена методика группового опроса датчиков в системах мониторинга распределенных технологических комплексов. Приведена математическая модель системы мониторинга. Разработана стратегия опроса датчиков при их независимой активности. Приведены результаты численного моделирования системы при изменении различных параметров модели.

Ключевые слова: групповой опрос, мониторинг, датчик, независимая активность, распределенный технологический комплекс.

ВВЕДЕНИЕ

Технологический комплекс представляет собой совокупность различных производственных установок, распределенных в пространстве, связанных между собой каналами связи и требующих взаимосвязанного управления для решения характерных для данного комплекса технологических задач (технологического процесса) [1].

Распределенный технологический комплекс характеризуется масштабной территориальной распределенностью технологических

объектов и протяженностью каналов связи. Современные распределенные технологические комплексы выполняют задачу транспортировки потоков технологических ресурсов (например, нефти, газа, электроэнергии, тепловой энергии и др.) от производителя до конечного потребителя в соответствии с требуемыми технологическими параметрами (такими как, давление, температура, объем, напряжение и др.) [1].

Примерами распределенных технологических комплексов могут являться:

1 Система транспортировки нефти.

2 Система теплоснабжения мегаполисов.

3 Система передачи энергии по ВЛЭП (высоковольтным линиям электропередач).

В современных распределенных технологических комплексах необходимо внедрение систем контроля и мониторинга. Системы мониторинга предназначены для сбора, анализа и накопления данных от разнотипных и распределенных датчиков с целью определения технического состояния оборудования, обнаружения отклонений и неисправностей в его работе, обеспечения наблюдения за развитием ситуации и своевременного предупреждения о необходимости проведения технического обслуживания и принятия решений, обеспечивающих надежную и безопасную эксплуатацию [2].

Очевидна специфика построения систем мониторинга и телемеханики таких комплексов. Эта специфика определяется тем, что они обладают явным доминированием к пространственной протяженности, но при этом достаточно ограниченны типами телеметрируемых процессов и оборудованием [3].

Именно для распределенных технологических комплексов, требующих высокой точности измерений, разнотипности измеряемых параметров, пространственной распределенности телеметрируемого объекта и точности управления, для систем мониторинга ставятся следующие основные задачи [3]:

→ производить сбор и обработку параметров, характеризующих состояние отдельных блоков и узлов основного и вспомогательного оборудования, обеспечивающего функционирование групп базового оборудования;

→ обеспечивать своевременную сигнализацию для предупреждения о возникновении предварийных и аварийных ситуаций и локализовать место возникновения нарушения режима;

→ архивировать обработанные результаты телеметрии в течение заданного периода времени и представлять их по мере необходимости в принятом формате отображения;

→ обеспечивать автоматическое (а также ручное) формирование управляющих сигналов для изменения режимов работы отдельного

оборудования и текущих значений параметров в соответствии с алгоритмом функционирования оборудования и при возникновении нештатных ситуаций.

В составе распределенных технологических комплексах число датчиков превосходит несколько сотен, поэтому индивидуальный опрос каждого датчика требует излишних ресурсов и может быть весьма продолжительным по времени, а следовательно нештатная ситуация может быть выявлена несвоевременно.

Рассмотрев для примера систему передачи энергии по ВЛЭП, определено, что одной из актуальных задач создания системы мониторинга является обеспечение качественного и одновременно экономически не затратного канала передачи данных. Применение беспроводных каналов передачи данных (мобильных сетей стандартов GSM 2,5+, CDMA, UMTS, LTE, спутниковых систем и беспроводных вычислительных сетей стандартов WiFi и WiMAX [4], [5]), является наиболее перспективными в связи с географической удаленностью и труднодоступностью, а также с экономической нецелесообразностью применения проводных систем передачи данных. В системе передачи энергии по ВЛЭП оконечные устройства (датчики) удалены на значительные расстояния от центров сбора данных.

Системы упорядоченного опроса являются разновидностью систем массового обслуживания с несколькими очередями и подразделяются на два класса. Подходы к классификации таких систем описаны в работе [4], приводится обобщенный подход к классификации систем по следующим критериям: число очередей, порядок опроса очередей, дисциплина обслуживания очереди. По математическим моделям они в общем виде сходны с приоритетными системами массового обслуживания, однако здесь приоритеты назначаются по определенному правилу.

Особенностью рассматриваемых в работе систем мониторинга для ВЛЭП является низкая активность датчиков, при этом их число превосходит несколько сотен. Вероятность того, что датчик активен, мала, поэтому применение стандартных правил упорядоченного опроса неэффективно, так как индивидуальный опрос каждого датчика требует излишних ресурсов и может быть весьма продолжительным по времени, а следовательно нештатная ситуация может быть выявлена несвоевременно. Для систем с большим количеством датчиков, вероятность срабатывания которых мала, может быть эффективным метод группового опроса.

Рассмотрим задачи наиболее быстрого обнаружения возникновения аварийных ситуаций, оперативного определения точки возникновения аварии путем выявления датчиков, которые передают такую информацию.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Математическая модель группового опроса в системе мониторинга, не учитывающая зависимость между срабатыванием датчиков

Пусть имеется сеть мониторинга и телеметрии, содержащая t датчиков; требуется разработать стратегию их опроса с целью скорейшего выявления s датчиков, имеющих данные для передачи. Необходимо за наименьшее число шагов определить активные датчики таким образом, чтобы средняя вероятность неправильного определения хотя бы одного из них не превосходила заданный уровень [6].

В данной задаче предполагается, что $s \ll t$, что соответствует случаям, когда число активных датчиков в сети мало. Такая ситуация является наиболее типичной для телеметрической сети, которая покрывает большую территорию, а вероятность чрезвычайной ситуации на ее локальном участке мала. В этих условиях проведение опроса всех датчиков заняло бы значительное время, поскольку каждый цикл занимал бы не менее t опросов.

Таким образом, имеется t датчиков, состояние которых описывается переменными x_1, \dots, x_t , которые принимают значения 0 или 1; значение 0 означает, что соответствующий датчик пассивен, т.е. не имеет информации для передачи, значение 1 – что соответствующий датчик активен, т.е. должен передавать информацию. Среди них лишь переменные с номерами i_1, \dots, i_s принимают значения 1, а остальные равны 0.

Групповой опрос состоит в том, что принимается одновременно сигнал от нескольких источников. Он задается с помощью вектора $a = (a_1, \dots, a_t)$, где a_i принимает значение 0 или 1. Значение $a_i = 1$ означает, что i -й датчик участвует в опросе, $a_i = 0$ означает, что i -й датчик не участвует в опросе. Если N – число опросов, то все опросы задаются булевой матрицей опросов $A = (a^1, \dots, a^N) \tau$, где $a^j = (a^j_1, \dots, a^j_t)$ – вектор j -го опроса. Если в группе опрашиваемых датчиков имеется хотя бы один активный, то наблюдается наличие сигнала, который интерпретируется как 1. Если в группе отсутствуют активные источники, то от нее не поступает ни одного сигнала, что интерпретируется как 0. Таким образом, в качестве ответа датчиков j -ой группы сформируется результат [7]:

$$y_j = (a^j_1 \wedge x_1) \vee \dots \vee (a^j_t \wedge x_t), \quad (1)$$

где \wedge – булево произведение, \vee – булева сумма.

Предполагается, что в сети возможны ошибки при передаче информации. Это означает, что значение функции y известно с некоторой ошибкой: при каждом опросе происходит искажение результата независимо от других опросов в соответствии со стохастической матрицей переходов

$$W = \begin{pmatrix} 1 - \beta_0 & \beta_0 \\ \beta_1 & 1 - \beta_1 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где β_0 – вероятность искажения приема 0 (т.е. наблюдается значение 1 вместо 0), а β_1 – вероятность искажения приема 1 (т.е. наблюдается значение 0 вместо 1). Поэтому результат j -го опроса будет z_j , который принимает значение 0 или 1 в соответствии с W независимо от значений в других наблюдениях при условии, что значения y_j фиксированы.

Необходимо получить алгоритмы построения матрицы опроса A и определить множества s активных датчиков на основании наблюдений y_1, \dots, y_N .

2 Описание алгоритма пофакторного обнаружения активных датчиков

Асимптотически оптимальный план опроса A получается при использовании случайной матрицы, в которой значения 1 в матрице опроса выбираются независимо друг от друга с вероятностью p_0 , где $1 - (1 - p_0)^{s_0}$ обеспечивает достижение пропускной способности C двоичного канала с переходной матрицей W [7];

$$C = 1 + \beta_0 \log_2(\beta_0) + (1 - \beta_0) \log_2(1 - \beta_0), \quad (3)$$

При $\beta_0 = \beta_1$ вероятность значения 1 в матрице опроса определяется из выражения $p_0 = 1 - \frac{s_0}{2} \sqrt{\frac{1}{2}}$. Здесь s_0 – предполагаемое число активных датчиков. Нижняя граница для требуемого числа опросов $N = \frac{s_0 \log_2(t)}{c} (1 + \psi)$, где параметр $\psi > 0$ задает величину превышения числа опросов над минимально допустимым при сделанном предположении о числе активных датчиков [7].

Для упрощения процедуры идентификации решение об активности конкретного датчика принимается на основе пофакторного анализа [7] с использованием метода максимального правдоподобия.

Отношение правдоподобия для i -го фактора:

$$L(i) = a_{10} x_{10}(i) + a_{11} x_{11}(i), \quad (4)$$

где $a_{10} = \log \frac{\beta_1}{1 - \beta_0 - p^*(1 - \beta_0 - \beta_1)}$;

$$a_{11} = \log \frac{1 - \beta_1}{\beta_0 + p^*(1 - \beta_0 - \beta_1)}$$

$x_{10}(i)$ – количество наблюдений, когда i – датчик опрашивался и результат опроса $z = 0$, и $x_{11}(i)$ – количество наблюдений, когда i – датчик опрашивался и результат опроса $z = 1$, $p^* = 1 - (1 - p_0)^{s_0}$.

Если $L_i > L_0$, то i – датчик считается активным. Порог $L_0 > 0$ выбирается таким образом, чтобы минимизировать влияние случайных факторов. Чем выше значение порога, тем меньше вероятность ошибки неправильной идентификации неактивного датчика, но, вместе с тем, возрастает вероятность пропуска активного датчика.

3 Результаты численного моделирования

Проводилось исследование эффективности предлагаемого метода группового опроса в зависимости от изменения различных параметров модели: роста числа факторов t , величины ошибки в канале передачи данных $\beta_0 = \beta_1$, числа активных датчиков s . При моделировании предполагалось, что любой из датчиков может быть активным независимо от состояния других датчиков с вероятностью $p = \frac{s}{t}$. Для каждого варианта исходных данных проводилось 1000 численных экспериментов, в которых каждый раз изменялся случайный план опроса. В качестве параметров качества алгоритма обнаружения активных датчиков, использовались две характеристики: P_1 – вероятность того, что будет пропущен активный датчик (обнаружение лишних активных датчиков не является ошибкой) и P_2 – вероятность неправильного определения хотя бы одного датчика, т.е. вероятность правильного решения задачи. Кроме того, вычислялась величина \hat{s} – среднее число обнаруженных активных датчиков [8].

В зависимости от значения s_0 рассчитывалось число опросов по формуле:

$$N = 4 \frac{s_0 \log_2(t)}{c}, \quad (5)$$

т.е. параметр избыточности числа опросов $\psi = 3$.

В таблице 1 приведены результаты расчетов при различных значениях числа датчиков в сети t . Значения постоянных параметров модели $\beta_0 = \beta_1 = 0.01$, $s = 2$, $s_0 = 2$.

Таблица 1 – Результаты расчетов при различных значениях числа датчиков в сети

t	N	P_1	P_2	\hat{s}
100	56	0.09	1.00	2.10
200	64	0.08	0.97	2.03

300	68	0.06	0.99	2.05
400	72	0.07	0.98	2.04
500	76	0.03	0.99	2.03

Из таблицы видно, что с увеличением числа датчиков метод становится более эффективным, так как число опросов значительно меньше общего количества датчиков. Так при увеличении количества датчиков в пять раз, количество наблюдений увеличилось меньше чем на 30 %. Вероятность неправильного определения датчика – P_1 при этом снижается, а вероятность того, что не пропустили активный датчик – P_2 практически не меняется [8].

Далее в таблице 2 приведены результаты исследования влияния величины ошибки в канале передачи данных, при этом $\beta_0 = \beta_1$, $t = 500$, $s_0 = 2$.

Таблица 2 – Результаты исследования влияния величины ошибки в канале передачи данных

β	N	P_1	P_2	\hat{s}
0.01	76	0.06	1.00	2.06
0.02	80	0.06	0.99	2.06
0.03	88	0.09	0.98	2.06
0.04	92	0.04	0.98	2.01
0.05	100	0.11	0.99	2.25

Результаты моделирования показали, что с увеличением числа ошибок необходимо увеличить число наблюдений, но в целом метод устойчив к вероятностям искажения сигнала в сетях передачи данных, включая потерю единичных пакетов [8].

ВЫВОДЫ

Для современных беспроводных сетей мониторинга и телеметрии характерно большое количество датчиков информации, причем во многих случаях вероятность передачи полезной информации конкретным датчиком очень мала. В этом случае предоставлять датчикам постоянный канал связи с центральным диспетчерским пунктом экономически нецелесообразно.

Если число датчиков сети превосходит несколько сотен, то применение циклических опросов или других способов индивидуального опроса датчиков требует излишних ресурсов и может быть весьма продолжительным по времени.

Метод группового опроса датчиков оправдан для больших распределённых технологических комплексов. Чем больше размерность

системы (технологического комплекса), тем больше эффективность метода группового опроса. Также метод устойчив к вероятностям искажения сигнала в сетях передачи данных, включая потерю единичных пакетов, и предполагает наличие нескольких режимов опроса при фиксированном числе активных датчиков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Никулин, В. В., Бейсенби, М. А., Юрченко, А. В., Булатбаев, Ф. Н., Булатбаева, Ю. Ф., Закарина, А. Ж.** Анализ распределенных технологических комплексов РК как объектов контроля и мониторинга // Труды IV международной научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные и коммуникационные технологии – средство осуществления третьей индустриальной революции в свете стратегии «Казахстан-2050». – Астана, 2017. – С. 173–176.

2 **Андрюшкевич, С. К., Ковалёв, С. П.** Интеллектуальный мониторинг распределенных технологических объектов с использованием информационных моделей состояния. – Журнал «Известия Томского политехнического университета». – 2010. – Т. 317. № 5. – С. 35–39.

3 **Назаров, А. В.** Современная телеметрия в теории и практики. Учебный курс. – СПб. : Наука и техника, 2007. – 672 с.

4 **Вишневский, В. М., Семенова, О. В.** Системы поллинга: теория и применение в широкополосных и беспроводных сетях. – М. : Техносфера, 2007. – 312 с.

5 **Вишневский, В. М., Портной, С. Л., Шахнович, И. В.** Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. – М. : Техносфера, 2009. – 472 с.

6 **Маликова, Е. Е., Цитович, И. И.** Метод группового поллинга при независимой активности датчиков в сетях мониторинга // Журнал «Информационные процессы». – 2011. – Т. 11. – № 2. – С. 291–303.

7 [Электронный ресурс]. – <http://old.technomag.edu.ru/doc/351666.html>.

8 **Маликова, Е. Е.** Задачи группового поллинга для сетей мониторинга и телеметрии большой емкости // Журнал «Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт». – 2011. – № 7. – С. 106–109.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

*И. В. Брейдо¹, М. А. Бейсенби², Б. Н. Фешин¹, Ф. Н. Булатбаев¹,
Ю. Ф. Булатбаева²*

Тармақталған технологиялық кешендері мониторингтеу жүйелеріндегі тәуелсіз белсенді датчиктерден топтық сауалнама жасау

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.;

²Л. Н. Гумилев атындағы

Еуразиялық мемлекеттік университеті, Астана қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

*J. V. Breido¹, M. A. Beisenbi², B. N. Feshin¹, F. N. Bulatbayev¹,
Y. F. Bulatbayeva²*

Group survey of independent activity sensors in monitoring systems distributed technological complexes

¹Karaganda State Technical University, Karaganda;

²L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.

Material received on 18.09.17.

Мақалада технологиялық кешендердегі мониторинг жүйелерінде датчиктердің топтық зерттеулері қарастырылған. Мониторинг жүйесінің математикалық моделі келтірілген. Датчиктерді олардың тәуелсіз активті кездегі зерттеулері ойлап табылған. Модельдің әр түрлі параметрлері өзгеру кезіндегі сандық модельдеу жүйесінің нәтижелері көрсетілген.

The article presents a methodology for a group survey of sensors in monitoring systems for distributed technological complexes. A mathematical model of the monitoring system is given. A strategy for surveying sensors with their independent activity was developed. The results of numerical simulation of the system are given when different model parameters are changed.

УДК 534.2:537.2

Л. В. Горчаков¹, Ю. А. Вишенкова², И. А. Волков³

¹профессор, Томский государственный университет, г. Томск, Россия;

²магистрант, Павлодарский государственный университет, г. Павлодар,

Казахстан; ³студент, Томский государственный университет, г. Томск, Россия

e-mail: ¹gorchakov@phys.tsu.ru; ²93elchik@mail.ru

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЯВЛЕНИЯ РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ

Работа посвящена изучению создания автоматизированных лабораторных работ на основе использования микроконтроллеров, применяя явление резонанса.

Ключевые слова: емкость, индуктивность, микроконтроллер, программирование, лабораторная работа, явление резонанса.

ВВЕДЕНИЕ

В цикле работ [6,11,12], который посвящен созданию автоматизированных лабораторных работ на основе использования микроконтроллеров, мы выбрали работы из раздела общей и атомной физики. Данная работа является продолжением этого цикла и рассматривает явление резонанса напряжений. Явление резонанса напряжений [1] может быть изучено разными способами. Некоторые из них представлены ниже:

- собирается последовательный колебательный контур (R-L-C), затем при помощи генератора и осциллографа исследуется резонанс напряжения;
- создается программно-аппаратный комплекс для исследования явления резонанса напряжения, который позволит уделить большее внимание «физике» процесса.

С одной стороны первый способ хорош тем, что экспериментатор сам соберет схему, выберет желаемые параметры R-L-C и произведет измерения, но с другой стороны учитывая точность измерений, количество потраченного времени и личные особенности экспериментатора, данный способ малоэффективен.

Второй способ не научит радиоэлектронике, но даст экспериментатору довольно точный результат и более ясные знания об изучаемом процессе. В лаборатории использовался два типа лабораторных макетов (рисунок 1, 2). Здесь экспериментатор подбирает значения емкости и индуктивности, при которых происходит резонанс напряжения.



Рисунок 1 – Автоматизированная установка для исследования явления резонанса напряжений



Рисунок 2 – Установка для исследования явления резонанса напряжений

Программная и аппаратная часть установки на рисунке 1 устарела, а именно:

- все программное обеспечение реализовано под Microsoft Windows 98, в настоящее время эта версия устарела и не используется;
- в аппаратной части для получения синусоидального сигнала используется звуковая карта Creative, которая снята с производства.

В данной работе предлагается автоматизировать [3, 6] процесс исследования явления резонанса напряжений, используя микроконтроллер AVR ATmega128. Управление экспериментом и снятие электрических параметров осуществлять посредством микроконтроллера.

Целью работы является создание программно-аппаратного комплекса для исследования явления резонанса напряжений.

Согласно поставленной цели, в работе решаются следующие задачи:

- разработать схему, которая позволяет изучать явление резонанса напряжения в последовательном контуре, с использованием микроконтроллера и реализовать ее аппаратно;

- сконструировать алгоритм программы, которую должен выполнять микроконтроллер;

- создать интерфейс (Windows-приложение);

- научиться работать с микроконтроллером ATmega128 и с его программным обеспечением;

- научиться генерировать сигнал перепрограммируемой частоты.

В аппаратной части работы используется: 8-разрядный AVR-микроконтроллер ATmega128 [5] и программируемый волновой генератор AD9833 [2]. Программная часть комплекса состоит из двух частей: из программы, которая выполняется в микроконтроллере и программы, с которой работает пользователь (Windows-приложение). Первая программа разработана в среде проектирования IAR Systems [3], вторая в среде RAD Studio [4].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Требование пользователя к программно-аппаратному комплексу

В данном параграфе рассматриваются требования пользователя [7] к программно-аппаратному комплексу для проведения исследования по изучению явления резонанса напряжений. При реализации подобных комплексов следует решать три основных задачи.

Первая задача – аппаратная, она заключается в разработке и реализации схемы [8, 9], которая позволит исследовать рассматриваемое физическое явление [5].

Вторая задача – программная, которая создается для микроконтроллера [3, 8]. Разработка данной программы, напрямую связана с аппаратной частью, т.к. программа создается на основе задействованных выводов микроконтроллера.

Третья задача состоит в создании интерфейса [4]. Интерфейс – программа, с которой работает пользователь на компьютере. Фактически пользователь работает только с этой частью комплекса.

Для того чтобы решить перечисленные задачи, рассмотрим данную ситуацию с точки зрения пользователя. Исходя из запросов пользователя, задачу интерфейса можно представить в виде отдельных функций, когда данные функции будут выявлены, станет понятно, какие электронные компоненты необходимы для решения аппаратной задачи и какие возможности микроконтроллера следует использовать. Далее приводится список требований пользователя.

1 Осциллограф – необходим при исследовании физического явления. С аппаратной точки зрения, чтобы реализовать осциллограф на ПК, необходим АЦП [5, 9]. Микроконтроллер ATmega128 имеет несколько встроенных каналов АЦП. Таким образом, сигнал будет измеряться

микроконтроллером, и результат оцифровки будет отправляться на ПК по последовательному интерфейсу.

2 Кроме осциллографа, который позволяет пользователю видеть измеряемый сигнал нужна рабочая область, где будет представляться результат обработки измеряемых данных. Для исследования явления резонанса необходимо сканировать последовательный контур и представлять зависимость амплитуды сигнала от частоты. Таким образом, нужен график который будет строить данную зависимость и поле, в которое происходит сбор данных для их дальнейшей транспортировки во внешний файл.

3 Для исследования явления резонанса напряжения необходим генератор сигнала с перепрограммируемым значением частоты, т.е. значение частоты сигнала, задается пользователем. Для получения сигнала используется программируемый волновой генератор AD9833 [2]. Для того чтобы изменить частоту сигнала, пользователь с компьютера посылает запрос на изменение микроконтроллеру [3], тот в свою очередь обрабатывает полученные данные и пересылает их микросхеме AD9833.

4 Для того чтобы пользователь смог измерять и изменять сигнал, нужна «Панель управления». С помощью этой панели задаются параметры исследования. Здесь задается шаг сканера сигнала, диапазон сканирования, автоматический или ручной режим сканирования. Под сканером понимается следующее: задается начальная частота и шаг сканера. Компьютер посылает запрос микроконтроллеру на изменение частоты, микроконтроллер обрабатывает и пересылает данные на изменение частоты микросхеме AD9833. Затем компьютер посылает запрос на измерение сигнала в последовательном контуре. Микроконтроллер оцифровывает сигнал и посылает его обратно. Далее компьютер обрабатывает полученные данные, инкрементирует частоту сигнала на заданную величину и алгоритм начинается с начала до достижения конца диапазона частоты.

5 Пользователь должен управлять выбором электрических параметров [3] контура в магазине сопротивлений и емкостей. Для этого в windows-приложении пользователь отмечает конкретный параметр, компьютер посылает запрос на включение или выключение данного параметра из контура. Микроконтроллер обрабатывает полученные данные, определяет какой параметр нужно включить или выключить. С аппаратной точки зрения магазин сопротивлений и емкостей представляет собой набор электромагнитных реле и микросхему управления ими (ULN2803).

1.2 Генератор сигнала

Рассмотрим способы реализации генератора сигнала перепрограммируемой частоты. Создать такой генератор можно разными способами.

– МК и внешний ЦАП [3, 8]. Суть данного метода заключается в следующем:

- a) В память МК загружается таблица генерируемого сигнала;
- b) Дискретные выходы МК соединяются с ЦАП;
- c) Инициализируется таймер с изменяемым значением времени тактирования, время тактирования задает частоту сигнала;
- d) На каждой итерации таймера на ЦАП подается новое значение из таблицы;

Способ прост в реализации, но в данной работе неэффективен, т.к. шаг сканирования по частоте не регулируем.

– МК и внутренний ШИМ. Отличие данного метода лишь в том, что значения из таблицы подаются на вход МК отвечающий за ШИМ.

Способ очень прост в реализации, но шаг сканирования не регулируем.

– МК и алгоритм прямого синтеза фазы [2]. Отличие от первого способа в том что, таблица генерируемого сигнала гораздо больше и значения оттуда берутся не по порядку, а в соответствии с определенным алгоритмом.

Метод сложный в реализации с программной и аппаратной точки зрения, но шаг сканирования задается с точностью до 0,001 Гц. Недосток в том, что данный метод занимает порядка 80 % ресурсов МК.

– МК и программируемый волновой генератор AD9833 [2]. В данной работе реализован именно данный метод.

2. Пользовательский интерфейс

Интерфейс пользователя представляет собой совокупность средств и методов, при помощи которых пользователь взаимодействует с различными, чаще всего сложными, с множеством элементов, машинами и устройствами [4].

Под совокупностью средств и методов интерфейса пользователя подразумеваются:

– средства:

a) *вывода информации* из устройства к пользователю – весь доступный диапазон воздействий на организм человека.

b) *ввода информации/команд* пользователем в устройство – множество всевозможных устройств для контроля состояния человека.

– методы:

a) набор правил, заложенных разработчиком устройства, согласно которым совокупность действий пользователя должна привести к необходимой реакции устройства и выполнения требуемой задачи.

2.1 Внешний вид приложения

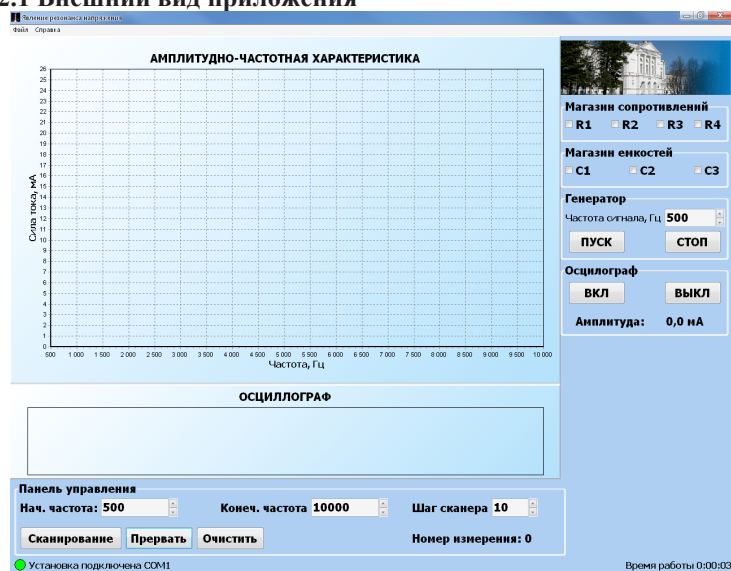


Рисунок 3 – Внешний вид интерфейса

На рисунке 3 представлен снимок экрана пользовательского интерфейса. В первую очередь следует отметить, что виртуальное рабочее место разграничено на четыре логических блока управления:

- Магазин сопротивлений и емкостей;
- Генератор;
- Осциллограф;
- Панель управления.

Таким образом, пользователю предоставлено рабочее место по смыслу такое же, как бы он проводил исследования с помощью реального осциллографа, магазина, генератора. Отличительной особенностью является то, что в данном случае, данные собираются в одном месте и в прямом времени строятся графики. Присутствует «Панель управления», которая значительно упрощает процесс проведения исследования с технической точки зрения. Далее приведено описание блоков управления по отдельности.

Если отметить флажком, в блоке управления «Магазин сопротивлений» или «Магазин емкостей», соответствующий параметр, то данный резистор/конденсатор включится в электрическую цепь. Сняв флажок, произойдет выключение соответствующего параметра.

В блоке «Генератор» можно выполнить всего три действия. Здесь имеется текстовое поле, в которое можно ввести значение от 1 до 10000 или же выставить нужное число при помощи кнопочек вверх и вниз в том же диапазоне. Данное число представляет собой будущее значение частоты получаемого сигнала. После того как нужное значение частоты установлено, необходимо нажать кнопку «ПУСК». При этом произойдут следующие действия:

- Генерация запроса, для изменения частоты;
- Отправка запроса на микроконтроллер;
- Отправка запроса с микроконтроллера на генератор AD9833;
- Микроконтроллер отправляет ответ на ПК об успешном изменении частоты;
- Компьютер отправляет запрос на оцифровку сигнала;
- Микроконтроллер заполняет буфер измеренными значениями и пересылает на ПК;
- Компьютер получает оцифрованные значения, преобразует их в реальные физические величины, строит полученный сигнал от времени и делает отметку в АЧХ.

Кнопка «ВЫКЛ» позволяет отключить генератор.

Далее следует блок управления «Осциллограф». В данном блоке можно включить или выключить осциллограф, нажимая кнопку «ВКЛ» или «ВЫКЛ» соответственно. Тем самым, экран осциллографа в виде графика будет появляться и исчезать. Также в блоке выводится информация о мгновенной амплитуде сигнала. На графике «Осциллограф» развертка по оси U зафиксирована, т.е. можно увидеть сигнал от -2.5 В до 2.5 В. Можно произвести развертку по времени, растянув тем самым сигнал в горизонтальном направлении.

Наконец блок «Панель управления», является самым важным элементом пользовательского приложения. Благодаря данному блоку, процесс измерения и представления данных происходит в автоматическом режиме, это избавляет результат измерений от личностных особенностей исследователя. Здесь можно задать начальную и конечную частоту, введя значение в соответствующее поле. Также здесь задается шаг сканера, т.е. значение частоты, которое добавляется к текущей на каждой итерации. Нажав кнопку «Сканирование», происходит установка частоты аналогично действиям при нажатии на кнопку «ПУСК» в блоке «Генератор». После установки частоты, строится график оцифрованного сигнала и делается отметка об амплитудно-частотной характеристике на графике «АЧХ». Затем происходит изменение частоты на величину равную значению в текстовом поле «Шаг» и действия повторяются заново, до тех пор, пока текущая частота не достигнет конечного значения.

2.2 Магазин сопротивлений. Магазин емкостей

Данная опция позволяет, нажимая кнопки на виртуальном рабочем месте коммутировать соответствующие реле, что эквивалентно нажатию кнопки на реальном магазине сопротивлений и емкостей. Магазины сопротивлений и емкостей реализованы в двух компонентах GroupBox, заполненных флажковыми кнопками (CheckBox) [4]. Отмечая флажком соответствующий параметр, он будет включен в экспериментальную цепь. Соответственно снимая флажок, параметр будет исключен из цепи.

2.3 Осциллограф. Графическое представление данных

В данном блоке реализован осциллограф с набором необходимых опций. Кнопка «ВКЛ» позволяет активировать опцию осциллографа, а «ВЫКЛ» отключить его. Имеется измеритель уровня сигнала, который показывает текущее значение в вольтах.

Что касается графического представления данных, то в создаваемом интерфейсе присутствует два компонента (Chart) [4] для представления измеряемых данных. В одном графике под названием «Осциллограф» выводится текущая синусоида в экспериментальном контуре. Подробнее о месте снятия сигнала можно посмотреть в главе «Принципиальная схема». Еще присутствует график «Амплитудно-частотная характеристика», на нем изображена зависимость амплитуды сигнала изображаемого на предыдущем графике от частоты.

Собственно получение данной характеристики на этом графике и есть цель данной работы. Конкретней о выводе соответствующих данных в оба графика изложено в последующих параграфах данной главы.

2.4 Генератор сигнала

В данной дипломной работе нужен генератор синусоидального сигнала, поэтому при разработке виртуальной панели генератора следует реализовать 2 вещи – установка частоты и возможность увидеть получившийся сигнал. Задачу об изменении частоты можно решить с помощью функции void ChangeFreq(float), в которую в качестве параметра передается вещественное значение устанавливаемой частоты. Для того чтобы изменить частоту синусоиды необходимо на генератор AD9833 отправить сообщение из четырех байт [2]. Данные байты можно сгенерировать при помощи функции ChangeFreq и отправить их на микроконтроллер [4].

2.5 Панель управления

В данной дипломной работе важным является процесс измерения АЧХ. Одной из задач является создания установки, которая позволяет автоматизировать процесс снятия амплитудно-частотной характеристики контура. Все инструменты, которые необходимы для снятия АЧХ, описаны выше. Остается создать модуль для автоматического измерения.

2.6 Порядок проведения измерений

1 Включить установку в сеть. При включении загорится светодиод «POWER».

2 Запустить приложение «Резонанс напряжения». В случае отсутствия питания, либо нарушения связи откроется предупреждение, и программа будет неактивна.

3 Выбрать электрические параметры (емкость и сопротивление).

Автоматический режим измерений:

4 Установить начальное и конечное значение частоты (Панель управления).

5 Задать шаг сканера (Панель управления).

6 Нажать кнопку «Сканирование» и дождаться конца измерений (Панель управления).

Ручной режим измерений:

1 Установить частоту (Генератор).

2 Нажать кнопку «ПУСК» (Генератор).

3 Повторить п.4,5 нужное количество раз.

Сохранение результатов:

1 Зайти в меню «Файл».

2 Навести курсор мыши на «Экспорт данных».

3 Откроется подменю, в котором следует указать сохранить график или список измеренных значений.

На рисунке 4 показан результат измерения

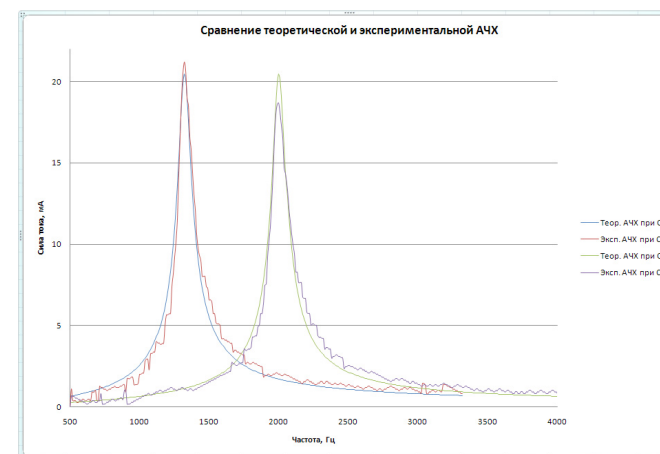


Рисунок 4 – Сравнение теоретической и экспериментальной АЧХ

ВЫВОДЫ

В данной работе был разработан программно-аппаратный комплекс для исследования явления резонанса напряжений. На рисунке 5 представлен данный комплекс, подключенный к ПК.



Рисунок 5 – Программно-аппаратный комплекс

В ходе работы были решены следующие задачи:

- Разработана и реализована схема установки;
- Создана программа для МК;
- Создано windows-приложение;
- Автоматизирован процесс измерения АЧХ последовательного контура.

В процессе создания генератора сигнала программируемой частоты, было создано и проверено четыре типа генераторов:

– Генератор «МК и внешний ЦАП» и «МК и внутренний ШИМ» позволяют сгенерировать сигнал, частота которого зависит от частоты тактирования таймера МК. Тем самым меняя частоту таймера, не удаётся зафиксировать шаг сканирования по частоте и снятие АЧХ будет не корректно;

– Генератор «МК и алгоритм прямого синтеза фазы» является самым лучшим по созданию сигнала перепрограммируемой частоты на микроконтроллерах. Причина, по которой данный метод не использовался в данной работе заключается в том, что он потребляет большую часть ресурсов МК и остаточных ресурсов для основной задачи не достаточно.

– Генератор «МК и программируемый волновой генератор AD9833» используется в данной дипломной работе, т.к. шаг перестройки частоты

сигнала 0.001 Гц, время изменения частоты порядка 1 мс и данный способ не загружает МК.

В данной работе был разработан программно-аппаратный комплекс, который автоматизирует процесс исследования явления резонанса напряжения. Особенности программно-аппаратного комплекса:

- Высокая скорость проведения эксперимента;
- Предусмотрена возможность поточечного снятия АЧХ
- Отсутствие зависимости от ПО на компьютере, т.е. установка, может быть, подключена к любому компьютеру (с любой версией Windows);
- Отсутствие зависимости результатов измерений от индивидуальных особенностей исследователя;
- Контроль над исследованием принадлежит МК, который запрограммирован конкретно под исследуемую задачу;
- Управление экспериментом и выбор различных параметров последовательного контура осуществляется полностью программно;
- Рабочее напряжение установки не опасно для жизни.

Данный проект может быть использован для изучения других физических явлений. На лицевой панели установки размещено два контакта, куда можно подключить конденсатор из плоских пластин. Далее между пластинами конденсатора помещается диэлектрик и снимается АЧХ. Таким образом, предусмотрена возможность изучать относительные свойства диэлектриков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Калашников, С. Г.** Электричество. / С. Г. Калашников; – М.: Наука, 1976. – 666 с.
- 2 Analog Devices // AD9833. – 2003. – P. 20. [Electronic resource]. – URL: <http://analog.com>.
- 3 **Трамперт, В.** Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров: Пер. с нем. / В. Трамперт; под ред. Ю. А. Шпак. – К. : «МК-Пресс», 2006. – 208с. : ил.
- 4 **Культин, Н. Б.** Самоучитель C++ Builder / Н. Б. Культин; – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 320 с. : ил.
- 5 Atmel Corporation // 8-bit Microcontroller ATmega 128. – 2002. – P. 373. [Electronic resource]. – URL: <http://atmel.com>.
- 6 **Борцов, Ю. Н.** Программно-аппаратный комплекс на основе микроконтроллера для проведения лабораторных работ по курсу общей физики / Ю. Н. Борцов, И. А. Волков, Л. В. Горчаков; – Современные проблемы теории и методики обучения физике, информатике и математике.

– Екатеринбург : Уральский государственный педагогический университет, 2009. – С. 63–66.

7 **Фридмен, М.** Проектирование систем с микроконтроллерами: Пер. с англ. / М. Фридмен, Л. Ивенс; – М. : Мир, – 1986. – 405 с.

8 Краткий учебный курс – микроконтроллер AVR и PIC. 2004–2010. [Электронный ресурс] – URL: <http://avr123.nm.ru> (дата обращения: 21.05.2010).

9 **Мортон, Дж.** Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. : Пер. с англ. / Дж. Мортон; – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 272 с. : ил. (Серия «Мировая электроника»).

10 Maxim Integrated Products // Maxim, Multichannel RS-232. – 2000. – Р. 36. [Electronic resource]. – URL: <http://maxim-ic.com> (access date: 21.05.2010).

11 **Горчаков, Л. В., Вишенкова, Ю. А., Нургожина, М. М.** Некоторые проблемы современного учебного приборостроения и их решение // Вестник ПГУ, серия физико-математическая. – № 4. – 2015. – С. 42–51.

12 **Горчаков, Л. В., Вишенкова, Ю. А., Волков, И. Л.** Прибор для выполнения лабораторной работы «Изучение процессов зарядки и разрядки конденсатора // Научный журнал Павлодарского государственного университета. Вестник ПГУ, энергетическая серия. – № 4. – 2016. – С. 52-75.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Л. В. Горчаков¹, Ю. А. Вишенкова², И. А. Волков¹

Кернеу резонанс құбылысын зерттеу үшін аппараттық-бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесі

¹Томск мемлекеттік университеті, Томск қ., Ресей;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

L. V. Gorchakov¹, Yu. A. Vishenkova², I. A. Volkov¹

Hardware-software complex for studying the phenomenon of stress resonance

¹Tomsk State University, Tomsk, Russia;

²S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan.

Material received on 18.09.17.

Қағаз резонанс құбылысын пайдаланып микроконтроллерлер пайдалануға негізделген автоматтандырылған зертханалық жұмыстарды дамыту зерттейді.

The work is devoted to the study of the creation of automated laboratory works based on the use of microcontrollers applying the phenomenon of resonance.

УДК 665.777.4:543.551

К. Х. Жапаргазинова¹, Б. Б. Жаукенова²

¹к.х.н., профессор; ²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ²bibigul_zhaukenova@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРЫ В ПРОКАЛЕННОМ НЕФТЯНОМ КОКСЕ

В настоящей статье приведен обзор аналитических методов определения массовой доли серы в прокаленном нефтяном коксе, используемых на базе производственной лаборатории ТОО «УПНК-ПВ». Представлены и проанализированы сравнительные характеристики методов гравиметрического (метод Эшка), титриметрического, рентгенофлуоресцентного анализа и абсорбционной кулонометрии.

Ключевые слова: прокаленный нефтяной кокс, методы определения серы, гравиметрический метод, титриметрический метод, абсорбционная кулонометрия, рентгенофлуоресцентный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс замедленного коксования и прокалики нефтяного кокса – одни из самых динамично развивающихся процессов мировой нефтепереработки. Если процесс замедленного коксования тяжелых нефтяных остатков переработки нефти способствует увеличению производства моторных топлив и соответственно глубины переработки нефти, то при прокалке сырого нефтяного кокса образуется продукт – прокаленный кокс, молекула которого имеет высоко организованную кристаллическую структуру [1].

В рамках государственной программы индустриально-инновационного развития на 2015-2019 гг. Республики Казахстан на территории специальной экономической зоны г. Павлодар в октябре 2015 г. был произведен запуск технологического процесса прокалки нефтяного кокса на заводе ТОО «Установка прокалки нефтяного кокса» (далее «УПНК-ПВ»). Проектная мощность завода – 205 тыс. тонн прокаленного нефтяного кокса в год. Основным сырьем служит сырой нефтяной кокс, производимый на Павлодарском нефтехимическом заводе. Реализованный проект «УПНК-ПВ» нацелен на обеспечение потребности внутреннего рынка страны прокаленным нефтяным коксом, что является сырьем для изготовления анодов при производстве алюминия в АО «Казахстанский электролизный завод». Требования к качеству обожженных анодов очень высоки, следовательно, и для сырья – прокаленного нефтяного кокса [2]. Уровень содержания серы в прокаленном коксе является очень важным фактором для потребителей по причинам экологии. В электрохимическом процессе выработки первичного алюминия сера почти полностью преобразуется в двуокись серы. Выбросы двуокиси серы обычно регламентируются природоохранным законодательством, что приводит производителей алюминия к использованию низкосернистого прокаленного кокса. Сера – весьма вредная примесь в анодах. В процессе электролиза она переходит в газовую фазу в виде окислов. Кроме того, наличие серы в аноде приводит к снижению выхода по току, а также к повышенной коррозии стальных деталей анодного узла электролизера, а значит, и к увеличению содержания железа в катодном алюминии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Органические соединения серы являются природным компонентом сырой нефти. Основные формы присутствия серосодержащих соединений в нефтепродуктах следующие:

- сероводород H_2S , образующийся при термическом разложении серосодержащих соединений;
- элементарная сера, продукт окисления сероводорода;
- меркаптаны $R-SH$;
- сульфиды или тиоэфиры $R-S-R$;
- дисульфиды и политиоэфиры $R-S...S-R$;
- тиофен C_4H_4S и его производные;
- тиофан или тетрагидротиофен C_4H_8S и его производные;
- бициклические и полициклические серосодержащие соединения;
- кислые и средние эфиры серной кислоты и сульфокислоты, образующиеся в процессе очистки нефтяных дистиллятов.

Присутствие этих соединений нежелательно, т.к. они придают нефтепродуктам неприятный запах, вызывают коррозию оборудования и загрязняют атмосферу при сгорании. Соединения серы отравляют дорогостоящие катализаторы переработки нефти и, выделяя в атмосферу оксиды серы при сгорании, создают экологические проблемы [3].

При термическом воздействии в процессе переработки нефти сера и ее соединения попадают в нефтепродукты в различных концентрациях. Значительный интерес при выборе нефти для производства нефтяных коксов представляет переход серы из нефти в сырье коксования и в кокс. При известной закономерности: чем больше серы в нефти, тем больше ее в продуктах переработки и, в частности, в сырье коксования и в нефтяных коксах, интенсивность «перехода» серы характеризуется индивидуальными особенностями нефти. Существенное влияние на содержание серы в нефтяных коксах оказывают условия подготовки и выбор составляющих сырья коксования [4]. Так, повышенное содержание в сырье коксования карбенов и карбонидов и нативных асфальтенов, повышает коэффициенты соотношений содержания серы в коксах к содержанию серы в сырье коксования. Коэффициенты этих соотношений могут изменяться от 1-1,5 для высокоароматизированных видов и до 2-3 для сырья с высоким содержанием нативных асфальтенов и карбонидов [5].

Разработано множество методов определения серы в нефтепродуктах, от классических химических, например, сжигание в бомбе или лампе с последующим титриметрическим или гравиметрическим окончанием, до современных инструментальных, включая ультрафиолетовую и рентгеновскую флуоресценцию.

Выбор подходящего метода для решения аналитической задачи зависит от природы и состава анализируемого объекта, требуемого диапазона концентраций, точности, а также бюджетных возможностей лаборатории.

Все методы определения серы в нефтепродуктах можно условно разделить на 3 группы:

1 Методы, основанные на окислении серы и последующем определении оксидов: ASTM D129, D1266, D1551, D1552, D3120, D5453, D6920 и их аналоги.

2 Методы, основанные на восстановлении серы до H_2S : ASTM D4045, UOP 357, ГОСТ 13380.

3 Спектральные методы:

а) основанные на рентгеновском излучении: ASTM D2622, D4294, D6334, D6443, D6445, D7039, D7212, D7220 и их аналоги;

б) атомно-эмиссионные: ASTM D4951, D5185 [6].

В СНГ в качестве арбитражного метода определения серы в нефти и в темных нефтепродуктах принят так называемый ускоренный метод сжигания

в трубке по ГОСТ 1437-75, в основе которого лежит сжигание образца при температуре 900-950 °С с последующим газожидкостным поглощением образующихся оксидов серы, содержание последних определяется кислотно-основным титрованием. Однако литературные данные свидетельствуют о том, что сгорание сероорганических соединений при температуре 950 °С не происходит полностью. Так, например, в стандарте ASTM D 1552-95 указывается, что даже при температуре 1370 °С окисление серы происходит примерно на 97%, что приводит к заниженным результатам ее определения [7].

На базе производственной лаборатории «УПНК-ПВ» для определения массовой доли серы в прокаленном нефтяном коксе используются несколько методов: рентгенофлуоресцентный анализ, метод объемного титрования, метод гравиметрии (Эшка), кулонометрический метод.

Наиболее давними способами определения серы в прокаленном нефтяном коксе являются титриметрический и гравиметрический методы анализа. При использовании этих методов высока вероятность совершения субъективной погрешности, связанная с большим количеством действий исполнителя. Кроме того, данные методы уступают по критерию экспрессности, что неприемлемо для производства, где одинаково важны и достоверный результат определения, и минимальная затрата времени на анализ.

В связи с развитием инструментальных методов анализа существуют более достоверные и быстрые способы идентификации веществ. К примеру, рентгенофлуоресцентный анализ. Несомненным преимуществом данного метода является высокая точность результата и минимальное время, затраченное на анализ. Однако, высокая себестоимость оборудования и вспомогательных материалов делает этот метод затратным и труднодоступным с экономической точки зрения.

В настоящее время производственная лаборатория «УПНК-ПВ» располагает оборудованием китайского производства – «Анализатор серы Sundry SDS IVa». Метод определения массовой доли серы основан на кулонометрическом титровании в потоке очищенного воздуха, во время высокотемпературного окисления анализируемой пробы. В результате окислительно-восстановительной реакции изменяется величина электродвижущей силы электродов. Прошедшее количество электричества прямо пропорционально содержанию общей серы в анализируемой пробе. Расчет происходит автоматически с помощью программного обеспечения. На точность результатов оказывают влияние такие погрешности как – изменение потока воздуха, нарушение герметичности, значение ниже нормы водородного показателя.

Основные сравнительные параметры методов определения серы в прокаленном нефтяном коксе, используемые лабораторией «УПНК-ПВ» приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики методов определения серы в прокаленном нефтяном коксе

№ п/п	Основные сравнительные параметры	Наименование метода			
		Метод титриметрии	Метод Эшка	Метод абсорбционной кулонометрии	Рентгенофлуоресцентный метод
1	Прибор (анализатор)	ПОСТ – 2Мк	–	Анализатор SDS-IVa (Китай)	Epsilon 3x PANalytical (Нидерланды)
2	Аналитическая основа метода	Сжигание в кварцевой трубке	Осаждение, сжигание, взвешивание	Окислительное сжигание и электрохимическое детектирование	Окислительное сжигание и электрохимическое детектирование
3	Обозначение НД	ГОСТ 1437-75	ГОСТ 8606	ASTM D6920-03 СТ ТОО 111240008552-02.07-019-2016	СТ РК ИСО 8754-2004 (ИСО 8754:2003)
4	Ограничения, отрицательные факторы	Мешают металлы, фосфор, хлор	В основном мешает хлор (Трудоемкий, по длительности не удовлетворяет требований производства)	Влага, образующаяся на стадии сгорания. Эквивалентные количества азота	Мешают добавки, содержащие тяжелые металлы. Кремний, фосфор, кальций, калий и галиды мешают в присутствии нескольких сотен мг/кг.
5	Воспроизводимость [значение]/ [концентрация]	0,20 % / (0,1 – 1 %)	0,10 % / (до 5 %)	0,20 % / (1,5–4 %)	0,014 % / 0,03%
6	Время определения в составе одного образца	60–90 минут	Более 12 часов	3–6 минут	7–8 минут

В таблице 1 сравнение методов определения серы приведены в отношении диапазонов определяемых концентраций, точности определения и возможных ограничений.

Самым чувствительным методом является рентгенофлуоресцентный метод, соответственно у него низок и предел воспроизведения. Методы титриметрии и абсорбционной кулонометрии имеют одинаковые значения воспроизводимости при разных пределах обнаружения. Метод Эшка в сравнении с вышеуказанными двумя методами допускает предел воспроизводимости значений лишь до 0,10 %. По критерию экспрессности значимы методы рентгенофлуоресценции и абсорбционной кулонометрии. Но стоит отметить что при рентгенофлуоресцентном анализе достаточное количество времени затрачивается на подготовку пробы, так как фракция должна измельчаться до макрочастиц Метод Эшка очень длителен по причине неоднократного

промывания пробы и осаждения сульфатов, что в общей сложности занимает почти 12 часов. Как видно из таблицы почти во всех случаях основным мешающим элементом определения серы в прокаленном коксе является хлор, кроме кулонометрического метода анализа, где основным отрицательным фактором выступает влага, образующаяся на стадии сгорания вещества в трубке.

ВЫВОДЫ

Таким образом, нет однозначно эффективного метода определения серы в прокаленном нефтяном коксе, используемых на базе производственной лаборатории «УПНК-ПВ».

В дальнейшем планируется определение массовой доли серы вышеуказанными методами в реальных образцах прокаленного кокса. Полученные результаты исследования позволят идентифицировать наиболее эффективный метод определения массовой доли серы в прокаленном нефтяном коксе, что позволит рекомендовать его для производства в качестве основного метода анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Валявин, Г. Г.**, «Перспективы развития процесса замедленного коксования и нетрадиционное направление использования нефтяного». / Г. Г. Валявин, В. П. Запорин, С. В. Сухов, Р. Г. Габбасов, В. С. Загайнов, М. И. Стуков // «Нефтепродукты: технологии, инновации, рынок». – 2011. – №6. – С. 22–24.

2 Завод по производству прокаленного нефтяного кокса введен в Павлодаре. – Павлодар. – 22.10.2015. – Казиформ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inform.kz>, свободный.

3 **Рыбак, Б. М.**, «Анализ нефти и нефтепродуктов». / Б. М. Рыбак и др. // М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. – 1992. – С.50–52.

4 **Ахметов, М. М.**, «Химия твердого топлива». – 1991. – № 2. – С. 88.

5 **Ахметов, М. М.**, «Механизм термического удаления серы и формирование углеродной матрицы кокса». // Сб. науч. тр. БашНИИ НП. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1987. – Вып. 26, ДСП. – С. 126.

6 **Kishore, A., Nardkarni, R.** «Depending of properties of Calcined Coke to anodes» (Влияние свойств прокаленного кокса при получении анодов). / A. Kishore, R. Nardkarni. // ASTM standardization news. (Новости стандартов ASTM) – June, 2004. – P. 32–36.

7 **Мстибовская, Л. Е.** Диагностика материалов / Л. Е. Мстибовская и др. // Заводская лаборатория. – 2003. – Т. 69. – № 8. – С. 22–24.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

К. Х. Жапаргазинова, Б. Б. Жаукенова

Қыздырылған мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтау әдістерінің тиімділігін зерттеу

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

K. Kh. Zhapargazinova, B. B. Zhaukenova

Research of sulfur determination methods efficiency in calcined petroleum coke

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Бұл мақалада ЖШС «УПНК-ПВ» зауытының өндірістік зертханасы қолданатын қыздырылған мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтау әдістерінің сипаттамасы берілген. Дәлірек айтқанда, гравиметрия, титриметрия, рентгенфлуоресценттік талдау және абсорбциялық кулонометрия әдістерінің негізгі көрсеткіштері салыстырылып, талданды.

This article provides an overview of analytical methods of determination of sulfur mass in calcined petroleum coke used in production laboratory of the «Petroleum Coke Calcination Unit–Pv» LLP. It is presented and analyzed comparative characteristics of methods for gravimetric, titrimetric, XRF analysis and absorption coulometry.

К. Х. Жапаргазинова¹, А. К. Хусаин²

¹к.х.н., профессор; ²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

e-mail: ²Kusain_askat@mail.ru

ГИДРООЧИСТКА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

В данной статье рассматривается активность использования транспорта с дизельным двигателем за последние два десятилетия. Использование дизельного топлива имеет и ряд существенных недостатков, наиболее серьезным из которых является негативное влияние на окружающую среду, что в свою очередь может привести к изменению климата.

Ключевые слова: гидроочистка, дизельное топливо.

ВВЕДЕНИЕ

Во многих странах мира нефтеперерабатывающая промышленность стоит перед решением проблем, связанных с введением более строгих спецификаций на моторные топлива и с изменением спроса на них. Особенно быстро в разных странах меняются спецификации на бензин и дизельное топливо, вынуждая нефтепереработчиков инвестировать средства в строительство новых или в реконструкцию действующих установок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Учитывая современные экологические тенденции, наметившиеся за последнее десятилетие в сфере производства и применения дизельного топлива в двигателях внутреннего сгорания, становится очевидным, что одна из наиболее важных задач, требующая своего незамедлительного решения – это уменьшение в данном виде топлив серосодержащих соединений. Снижение массовой доли серосодержащих соединений в дизельном топливе, во-первых, позволит снизить вредные выбросы в атмосферу в виде оксидов серы при сгорании, во-вторых – повысить эксплуатационную надежность двигателя внутреннего сгорания (за счет снижения коррозионного износа) и уменьшения расхода самого топлива. С 1.01.2005 года в странах ЕС действуют нормы по выбросам вредных веществ для автомобильной техники Евро 4, регламентирующие содержание серы в дизельном топливе не более 0,005 % масс [1].

Таблица 1 – Стандарты содержания серы в различных странах

Страна	Процент от продаж автомобилей в 2016 году	Количество содержание серы в топливе, ppm	
		Текущее значение	Будущее значение
Китай	25	350(50,10)	10
США	19	15	
ЕС	17	10	
Япония	6	10	
Бразилия	4	500	10
Индия	4	350	50
Россия	3	350	10
Канада	2	15	
Южная Корея	2	10	
Австралия	1	10	

Гидроочистка топлив – один из важнейших процессов нефтепереработки, позволяющий снизить содержание в них вредных примесей. Особое значение гидроочистки возросло с увеличением добычи сернистых и высокосернистых нефтей. В настоящее время в Казахстане установлены более жесткие нормы по содержанию в топливах сероорганических соединений. В связи с экологическими требованиями казахстанские НПЗ переходят к выпуску дизельных топлив по стандарту ГОСТ Р 52368:2005, который соответствует современному стандарту Евро-5. Параметрами, которые регламентируют качества топлива Евро-5, являются цетановое число, которое должно быть не ниже 51, содержание серы не более 10 ppm и полициклических ароматических углеводородов не более 11 масс. % [2].

Большинство реакторов гидропереработки нефтяного сырья, находящихся в настоящее время в эксплуатации, спроектированы и построены в середине 70-х годов. Поскольку выходы продуктов и их качество изменились, многие нефтепереработчики смогли получить преимущества от использования прогресса в разработке катализаторов и избежать крупных капиталовложений в свои установки. Однако для того, чтобы полностью реализовать потенциал реакторной системы экономически эффективно, необходима подробная оценка рабочих характеристик и конструкции существующих реакторных систем в сочетании с тщательным рассмотрением имеющихся в наличии вариантов модернизации реакторов. По совершенствованию качества дизельных топлив большие усилия прилагают европейские страны. В них принята концепция ужесточения требований к

этому виду топлива, особенно по содержанию в нём сернистых соединений. В настоящее время ограниченное число нефтеперерабатывающих заводов в мире может получать дизельное топливо с ультранизким содержанием сернистых соединений. Кроме этого в этих топливах предусматривается уменьшение присутствия ароматических углеводородов, 98 %-й точки выкипания фракции и повышении цетанового числа.

Цетановое число для дизельных топлив является одним из важнейших показателей. Оно определяет промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до начала его горения. Чем оно выше, тем более спокойно и плавно горит топливная смесь и тем лучше работает двигатель. Применение дизельных топлив с цетановым числом ниже 40 ед. приводит к жесткой работе двигателя. При этом возникают ударные нагрузки на поршень, увеличивается давление на подшипники, вызывая повышенный износ или разрушение. Возможна так же деформация или поломка поршневых колец и прорыв в картер большого количества газов. Согласно европейскому стандарту начиная с Евро-3 цетановое число топлив не должно быть не менее 51.

Таблица 2 – Характеристики дизельного топлива ЕС

Характеристики дизельного топлива	Единица измерения	Евро-2	Евро-3	Евро-4	Евро-5
Массовая доля серы, не более	%	500	350	50	10
Температура вспышки, не менее	°C				
для летнего дизельного топлива		40	40	55	55
для зимнего дизельного топлива		30	30	30	30
Цетановое число, не менее		45	49	51	51
Фракционный состав – 95 % объемных перегоняется при температуре, не выше	°C	360	360	360	360

Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%		11	11	8
---	---	--	----	----	---

Катализаторы гидрогенизационных процессов нефтепереработки основаны на универсальной композиции – Co(Ni)Mo(W)S на носителе, в качестве которого до настоящего времени применяют почти исключительно $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Эта система обладает значительной гибкостью и способна в широких пределах менять свою активность и селективность при изменении способа синтеза, введении различных модифицирующих добавок, изменении условий сульфидирования, применении различных носителей и т.д. Гибкость и универсальность этой системы позволила создать сотни марок промышленных катализаторов гидроочистки.

Химия сульфидных катализаторов чрезвычайно сложна и несмотря на наличие мощных физико-химических методов исследования, до сих пор остаются вопросы, требующие своего разрешения. Однако в литературе приводится сравнение различных моделей активных компонентов сульфидных катализаторов и обсуждается их согласование с наблюдаемыми экспериментальными фактами. Результаты систематизации приводятся в обзорах и монографиях [3, 4, 5].

Используемые в промышленных гидрогенизационных процессах катализаторы являются сложными композициями, и в их состав входят, как правило, следующие компоненты:

- 1) металлы VII группы: Ni, Co, Pt, Pd, иногда Fe;
- 2) окислы или сульфиды VI группы: Mo, W, иногда Cr;
- 3) термостойкие носители с развитой удельной поверхностью и высокой механической прочностью, инертные или обладающие кислотными свойствами.

Никель, кобальт, платина или палладий придают катализаторам дегидрирующие свойства, но они не обладают устойчивостью по отношению к отравляющему действию контактных ядов и не могут быть использованы в отдельности в гидрогенизационных процессах.

Молибден, вольфрам и их оксиды являются n-полупроводниками (как и Ni, Co, Pt и Pd). Их каталитическая активность по отношению к реакциям окисления – восстановления обуславливается наличием на их поверхности свободных электронов, способствующих адсорбции, хемосорбции, гомолитическому распаду органических молекул. Однако Mo и W значительно уступают по дегидрирующей активности Ni, Co

и особенно Pt и Pd. Сульфиды же Mo и W являются р-полупроводниками (дырочными). Дырочная их проводимость обуславливает протекание гетеролитических (ионных) реакций, в частности, расщепления C-S, C-N и C-O связей в гетероорганических соединениях. Сочетание Ni или Co с Mo или W придает их смесям и сплавам бифункциональные свойства – способность осуществлять одновременно и гомолитические, и гетеролитические реакции и, что особенно важно, стойкость по отношению к отравляющему действию сернистых и азотистых соединений, содержащихся в нефтяном сырье.

Применение носителей позволяет снизить содержание активных компонентов в катализаторах, что особенно важно в случае использование дорогостоящих металлов. В зависимости от типа реакторов катализаторы на носителях изготавливают в виде таблеток, шариков или микросфер. Носители нейтральной природы (оксиды алюминия, кремния, магния и др.) не придают катализаторам на их основе дополнительных каталитических свойств.

Катализаторы гидроочистки широко распространены в основном в виде алюмокобальтмолибденовых АКМ и алюмоникельмолибденовых АНМ. В качестве носителя (матрицы) чаще всего используется активный оксид алюминия. Для различных видов сырья выбирается оптимальное количество оксидов никеля, молибдена и кобальта, вид и количество промотирующей добавки, а так же другие способы активации и модификации. Оксиды никеля, молибдена и кобальта, как правило, сульфидируют (переводят в сульфидную форму).

Наиболее распространённые для гидроочистки в отечественной и зарубежной практике катализаторы приведены в таблице 3. Особый интерес на сегодняшний день представляют катализаторы фирм Criterion Catalyst (С – 448), Haldor Topsoe (ТК – 554, ТК – 907, ТК – 908), AKZO Nobel (KF – 752). В России три катализаторные компании (ТНК-ВР-в Рязани и ОАО «НК «Роснефть» – в Ангарске и Новокуйбышевске) выпускают отечественные катализаторы гидроочистки, а также Элетрогорского института нефтепереработки выпускают серии ГО, которые способные конкурировать с мировыми катализаторами.

Таблица 3 – Катализаторы нефтяных фракций

Марка катализатора	Характеристика	Сырье	Форма	Типа носителя	Активные компоненты
Criterion Catalyst					
С - 448	Для получения низкосернистого дизельного топлива	Средние дистилляты, вакуумный газойль	Сформованные экструдаты	Al ₂ O ₃	CoMo
С - 447	Глубокое гидрообессеривание	Легкий и тяжелый вакуумный газойль, остатки	Сформованные экструдаты	Al ₂ O ₃	CoMo
«Haldor Topsoe»					
ТК - 524	Глубокое гидрообессеривание	Легкий и вакуумный газойли	Трехлистник	Al ₂ O ₃	CoMo
ТК - 907, ТК - 908	Снижение ароматических углеводородов, низкая сероустойчивость	Легкий и вакуумный газойли	Трехлистник	Патент	Патент
AKZO Nobel					
KF-845	Высокая обессеривающая и дезотирующая активность	От бензина до вакуумного газойля	Четырехлистник	Al ₂ O ₃	NiMo
KF-752	Высокая обессеривающая активность	От дизельного топлива до вакуумного газойля	Четырехлистник	Al ₂ O ₃	CoMo

На Павлодарском нефтехимическом заводе на установке гидроочистки дизельного топлива, введенным в эксплуатацию в 1978 году, мощностью 2000000 т/год по сырью, используются 2 типа катализаторов:

- 1) Алюмокобальтмолибденовый: KG-55, KF-542-5R.
- 2) Алюмоникельмолибденовых: KF-1247-2E, KF-1241-3Q [6].

ВЫВОДЫ

В настоящее время важнейшей задачей установок гидроочистки на НПЗ Казахстана является массовый переход на производство экологически чистого дизельного топлива. В связи с этим возникает необходимость проведения их реконструкций. Основными составляющими, которой являются: переход на более эффективные катализаторы, уменьшение удельной объемной скорости подачи сырья в реактор, увеличение парциального давления водорода.

1 **Ахметов, С. А.**, Глубокая переработка нефти и газа / С. А. Ахметов // – УФА : УГНТУ, 1996. – 405 с.

2 **Ахметов, С. А.** Технология глубокой переработки нефти и газа / С. А. Ахметов // – УФА : Гилем, 2002. – 672 с.

3 **Пилюгин, В. В., Богатых, К. Ф.** // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2000. – № 11. – 10–17 с.

4 Справочник современных нефтехимических процессов. Переработка углеводородов // Нефтегазовые технологии, 2000. – № 4. – С. 28–35.

5 **Капустин, В. М., Рудин, М. Г.** Химия и технология переработки нефти. / В. М. Капустин, М. Г. Рудин // – М. : Химия, – 2013. – 496 с.

6 Технологический регламент комбинированной установки ЛК-6У ТОО «ПНХЗ» Секция 300. Гидроочистка и депарафинизация дизельного топлива. // г. Павлодар, 121 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

К. Х. Жапаргазина, А. К. Хусаин
Дизель отынын гидротазарту

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

K. Kh. Zhapargazinova, A. K. Khussain
Hydrocleaning diesel fuel

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Соңғы екі онжылдықта дизельді автокөліктерді қолдану өсті. Айқын экономикалық пайдаға қарамастан, дизель отынын пайдалану бірнеше маңызды кемшіліктерге ие, олардың ішіндегі ең маңыздысы қоршаған ортаға зияны, бұл өз кезегінде климаттың өзгеруіне әкелуі мүмкін.

Diesel transport use has increased significantly over the past two decades. Despite the obvious economic benefits, diesel fuel has a number of disadvantages, the most serious of which is the negative impact on the environment, leading to climate change.

А. П. Кислов¹, А. В. Антонцев², Е. Б. Мухамадиев³

¹к.т.н, профессор; ²магистр наук, преподаватель; ³магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДУКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ ПО СЕТЯМ

В статье приводятся методы исследования кондуктивных электромагнитных помех в электрических сетях с применением аппарата теории вероятности.

Ключевые слова: электромагнитная помеха, коэффициент искажения, качество электрической энергии.

ВВЕДЕНИЕ

Показатели качества электрической энергии (КЭ) являются параметрами случайных процессов, зависящими от многих случайных факторов, связаны с полем событий, характеризуются таблицами вероятностей. В стандарте ГОСТ 13109-97 для показателей КЭ установлены нормы, которые являются уровнями ЭМС для кондуктивных ЭМП в системах электроснабжения общего назначения. В ЭЭС кондуктивных ЭМП по показателям КЭ может быть несколько и они различны по своей природе.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В связи с этим методологию исследования кондуктивных ЭМП, распространяющихся по сетям, рассмотрим на примере одной группы показателей КЭ ($K_U, K_{U(n)}, K_{2U}, K_{0U}$), для которых установлены два вида норм: нормально допустимые и предельно допустимые положительные значения. Эти показатели КЭ характеризуют несинусоидальность формы кривой напряжения и несимметрию напряжений в ЭЭС. Оценка соответствия показателей КЭ указанным нормам производится с учетом следующих положений [1].

Наибольшие значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициента n-ой гармонической составляющей, коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности и коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности не должны превышать предельно допустимые значения, а значения тех же

показателей КЭ, определенные с вероятностью 95 %, не должны превышать нормально допустимые значения.

Превышение нормально допустимого значения часть поля событий обуславливает кондуктивную ЭМП по рассматриваемому показателю КЭ, вызванную особенностями технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Поэтому достоверное значение этой помехи может быть определено только статистическими методами [2].

Процесс возникновения кондуктивной ЭМП по одному из перечисленных показателей КЭ ($K_U, K_{U(n)}, K_{2U}, K_{0U}$) представляется математической моделью [1, 2]

$$X[P(x_n \leq X \leq x_n) > 0,05; P(x_n < X < \infty) \neq 0] \subset \delta X, \quad (1)$$

где (X_n, x_n) – соответственно нормально и предельно допустимое значение рассматриваемого показателя КЭ.

Иными словами, кондуктивная ЭМП δX появляется в ЭЭС, если в течение расчетного времени (24 ч) вероятность $P(x_n \leq X \leq x_n)$ нахождения X в пределах (x_n, x_n) превышает 0,05, а вероятность $P(x_n < X < \infty)$ появления X в пределах (x_n, ∞) не равна нулю. Эта кондуктивная ЭМП появляется также при выполнении только одного условия.

Для вычисления параметров распределения кондуктивной ЭМП воспользуемся положениями теории производящих функций. Предположим, что кондуктивная ЭМП является производящей функцией δX случайной непрерывной величины X , заданной таблицей. Поэтому наряду с величиной X , подчиненной определенному закону распределения теории вероятностей, представим производящую функцию этой величины выражением [2, 3]

$$\delta X = e^{Xt}, \quad (2)$$

где t – время.

Математическое ожидание величины δX будет некоторой функцией от t , т.е.

$$m_X(t) = M[\delta X] = M[e^{Xt}]. \quad (3)$$

При табличном задании непрерывно распределенной случайной величины X можно записать [3]

$$m_X(t) = \sum_{i=1}^n e^{x_i t} p(x_i). \quad (4)$$

Причем суммирование распространяется на все возможные значения величины X_i . Для доказательства того, что величина δX является производящей функцией случайной величины X , рассмотрим теорему о начальных моментах.

Теорема. Начальные моменты v_k распределения непрерывно распределенной случайной величины X , заданного вероятностями $p_n(x)$, равны значениям k -ой производной от функции $m_X(t)$ в точке $t=0$, т.е.

$$v_k = \left. \frac{d^k}{dt^k} m_X(t) \right|_{t=0} \quad \text{при } k = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

Кроме того,

$$m_X(0) = v_0 = 1. \quad (6)$$

Доказательство.

Равенство (6) проверяется непосредственно. Ввиду того, что $e^0 = 1$, имеем

$$m_X(0) = M[e^{X \cdot 0}] = M[1] = 1. \quad (7)$$

Однако, при любом X , как известно [3],

$$\frac{d^k}{dt^k} e^{Xt} = X^k e^{Xt} \quad (8)$$

и потому из формулы (2.30), после дифференцирования k раз по t , получаем

$$\frac{d^k}{dt^k} m_X(t) = \sum_{i=1}^n x_i^k e^{x_i t} p(x_i). \quad (9)$$

Полагая в этом тождестве $t=0$, получаем

$$\left. \frac{d^k}{dt^k} m_X(t) \right|_{t=0} = \sum_{i=1}^n x_i^k p(x_i) = M[X^k] = v_k. \quad (10)$$

Теорема доказана.

Сравнивая приведенную теорему с подобной теоремой о начальных моментах в теории производящих функций [3], убеждаемся, что они идентичны. Следовательно, δX по природе является производящей функцией непрерывно распределенной случайной величины X , характеризующей один из перечисленных выше показателей КЭ.

Следствие 1. Важнейшим следствием этой теоремы является возможность использовать математическое ожидание непрерывно распределенной случайной величины X для оценки математического

ожидания непрерывной случайной величины δX . Точнее, математическое ожидание случайной величины X , заданной таблицей, равняется математическому ожиданию случайной величины δX , т.е.

$$M[X] = M[\delta X]. \quad (11)$$

Следствие 2. Для производящей функции $\delta X'$ величины $X' = X - v_1$, т.е. при отклонении величины X от математического ожидания v_1 (центр группирования), справедливо равенство

$$m_{X'}(t) = m_X(t). \quad (12)$$

Следовательно, можно принять, что центральные моменты случайной величины X и производящей случайной величины δX одинаковы. В частности, одинаковы дисперсии

$$D[X] = D[\delta X] \quad (13)$$

и средние квадратические отклонения

$$\sigma[X] = \sigma[\delta X]. \quad (14)$$

При исследовании случайных процессов в ЭЭС используются еще два основных положения общей теории производящих функций.

Первое из этих положений называется **теоремой единственности** и утверждает, что производящая функция однозначно определяет распределение вероятностей так, что не только каждому закону отвечает определенная производящая функция, но и, наоборот, каждой производящей функции соответствует единственное распределение.

Второе, еще более важное по своим приложениям положение – **теорема непрерывности** – утверждает, что если последовательность производящих функций законов распределения $p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)$ сходится к производящей функции закона $p(x)$ некоторого распределения, то и сами законы $p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)$ сходятся к закону $p(x)$.

Из этих положений вытекает положение о том, что плотность вероятности распределения непрерывной случайной величины X , характерная для определенного закона теории вероятностей, соответствует плотности вероятности распределения ее производящей функции δX . Следовательно, можно записать

$$\varphi\{X, M[X], \sigma[X]\} = \varphi\{\delta X, M[\delta X], \sigma[\delta X]\}. \quad (15)$$

Интегральные функции распределения, приведенные в математической модели, определяются по выражениям:

$$P(x_n \leq X \leq x_n) = \int_{x_n}^{x_n} \varphi\{X, M[X], \sigma[X]\} dx; \quad (16)$$

$$P(x_n < X < \infty) = \int_{x_n}^{\infty} \varphi\{X, M[X], \sigma[X]\} dx. \quad (17)$$

Вероятность появления кондуктивной ЭМП δX рассчитывается по формуле

$$P(\delta X) = P(x_n \leq X \leq x_n) + P(x_n < X < \infty) - 0,05. \quad (18)$$

ВЫВОДЫ

Таким образом, статистические характеристики показателей КЭ можно использовать при определении кондуктивных ЭМП в ЭЭС (математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, плотность вероятности распределения). Отличительной особенностью кондуктивной ЭМП является ее стохастическое свойство – вероятность ее появления при превышении нормально и (или) предельно допустимых значений показателя КЭ. Эта ЭМП научно обоснованно (качественно и количественно) дополняет сведения о параметрах ЭМО в ЭЭС, при которой нарушается ЭМС технических средств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». – Введен от 28 августа 1998 г. – № 338).

2 Benjamin, R. T. Cotts, Kevin L. Graf, William H. Bailey. Electromagnetic Interference Considerations for Electrical Power Systems // The Power Grid, 2017. – P. 137–170.

3 Apostolos Milioudis, Georgios Andreou, Dimitris Labridis. Optimum transmitted power spectral distribution for broadband power line communication systems considering electromagnetic emissions // Electric Power Systems Research. – Vol. 140. – 2016, November. – P. 958–964.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

А. П. Кислов, А. В. Антонцев, Е. Б. Мухамадиев

Желілер бойынша таратылатын кондуктивті электромагниттік кедергілерді зерттеу әдістемесі

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

The research methodology of conductive electromagnetic noise spreading over the grids

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Осы мақалада желілер бойынша таратылатын кондуктивті электромагниттік кедергілерді ықтималдылық теория аппаратының негізінде зерттеу әдістемесі қарастырылады.

In this article the research methodology of conductive electromagnetic noise spreading over the grids is considered based on the probability theory.

УДК 621.3

А. П. Кислов¹, А. В. Антонцев², М. Е. Нугманов³

¹к.т.н, профессор; ²магистр наук, преподаватель; ³магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОМЕХИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

В статье рассматривается улучшенный алгоритм расчета кондуктивной электромагнитной помехи с использованием значений напряжений обратной последовательности.

Ключевые слова: электромагнитная помеха, несимметрия напряжений, качество электрической энергии.

ВВЕДЕНИЕ

Для разработки эффективных мероприятий по снижению несимметрии напряжений необходимо иметь информацию о режимах сетей от 35 до 220 кВ с позиции теории кондуктивных ЭМП, распространяющихся по сетям. С этой целью рассмотрим алгоритм расчета кондуктивной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности в трехфазной трехпроводной электрической сети.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ГОСТ 13109-97 характеризует несимметрию напряжений в трехфазных трехпроводных электрических сетях коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности, который допускается определять в процентах по формуле [1]

$$K_{2U} = \frac{U_{\Delta 2}}{U_{\Delta 1}} 100. \quad (1)$$

Установлены уровни ЭМС технических средств в электрических сетях по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности. Эти уровни характеризуются нормально допустимым значением ($K_{2U,н}$), которое равняется 2 %, и предельно допустимым значением ($K_{2U,п}$), которое равняется 4 %. ЭМС технических средств обеспечивается в том случае, если усредненные (интегрированные) оценки K_{2U} не выходят за предельно допустимый уровень, а в течение не менее 95 % времени каждых суток не выходят за пределы нормально допустимого значения.

Величина K_{2U} в ЭЭС является непрерывно распределенной случайной величиной, зависящей от многих случайных событий. Этот коэффициент связан с полем событий, характеризуется таблицей вероятностей [2, 3].

$$\left(\begin{array}{cccccc} K_{2U1}, K_{2U2}, K_{2U3}, \dots, K_{2Ui}, \dots, K_{2Un} \\ P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n \end{array} \right), \quad (2)$$

где $K_{2U1}, K_{2U2}, K_{2U3}, \dots, K_{2Ui}, \dots, K_{2Un}$ – значения коэффициента K_{2U} в течение суток, %;

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n$ – вероятности появления этих значений.

При превышении нормально допустимого значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности часть поля событий (2) обуславливает кондуктивную ЭМП, вызванную особенностями технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии в регионе. Достоверное значение этой кондуктивной ЭМП может быть определено только статистическими методами [3].

Процесс возникновения кондуктивной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности представляется математической моделью

$$K_{2U}[P(K_{2U,н} \leq K_{2U} \leq K_{2U,п}) > 0,05; P(K_{2U,п} < K_{2U} < \infty) \neq 0] \subset \delta K_{2U}, \quad (3)$$

где δK_{2U} – кондуктивная ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности, %.

Следовательно, кондуктивная ЭМП δK_{2U} появляется в электрической сети тогда, когда вероятность нахождения K_{2U} в течение суток в пределах от 2 до 4 % превышает 0,05, а свыше 4 % не равна нулю. Эта кондуктивная ЭМП δK_{2U} появляется также при выполнении только одного условия. Она является производящей функцией непрерывно распределенной случайной величины K_{2U} .

Интегральная функция распределения непрерывно распределенной случайной величины K_{2U} в интервале $(K_{2U,n}; K_{2U,п})$ определяется по формуле

$$P(2 \leq K_{2U} \leq 4) = \int_2^4 \Psi(K_{2U}) d(K_{2U}). \quad (4)$$

Такая же функция в интервале $(K_{2U,п}; \infty)$ рассчитывается по формуле

$$P(4 < K_{2U} < \infty) = \int_4^{\infty} \Psi(K_{2U}) d(K_{2U}), \quad (5)$$

где $\Psi(K_{2U})$ – плотность вероятности распределения величины K_{2U} , 1/%.

На основании теоремы о равенстве начальных моментов и следствия о равенстве центральных моментов распределения непрерывной случайной величины и ее производящей функции имеем равенства:

$$M[K_{2U}] = M[\delta K_{2U}]; \quad (6)$$

$$\sigma[K_{2U}] = \sigma[\delta K_{2U}], \quad (7)$$

где $M[K_{2U}], M[\delta K_{2U}]$ – математическое ожидание соответственно величины K_{2U} и δK_{2U} , %;

$\sigma[K_{2U}]$ и $\sigma[\delta K_{2U}]$ – средние квадратические отклонения этих величин, %.

Следствия из теоремы единственности и теоремы непрерывности теории производящих функций позволяют записать

$$\Psi\{K_{2U}, M[K_{2U}], \sigma[K_{2U}]\} = \Psi\{\delta K_{2U}, M[\delta K_{2U}], \sigma[\delta K_{2U}]\}, \quad (8)$$

где $\Psi\{K_{2U}, M[K_{2U}], \sigma[K_{2U}]\}$ – плотность вероятности распределения случайной величины K_{2U} , 1/%;

$\Psi\{\delta K_{2U}, M[\delta K_{2U}], \sigma[\delta K_{2U}]\}$ – тоже величины δK_{2U} , 1/%.

Для иллюстрации на рисунке 1 показан график плотности вероятности распределения $\Psi\{K_{2U} = \delta K_{2U}, M[K_{2U}] = M[\delta K_{2U}], \sigma[K_{2U}] = \sigma[\delta K_{2U}]\}$, который представляет произвольный случай распределения K_{2U} (закон распределения величины K_{2U} не известен), совмещенный с нормируемыми значениями уровней ЭМС [1]. В соответствии с этим графиком вероятность

появления кондуктивной ЭМП δK_{2U} в трехфазной трехпроводной электрической сети составляет

$$P(\delta K_{2U}) = P(2 \leq \delta K_{2U} \leq 4) + P(4 < K_{2U} < \infty) - 0,05. \quad (9)$$

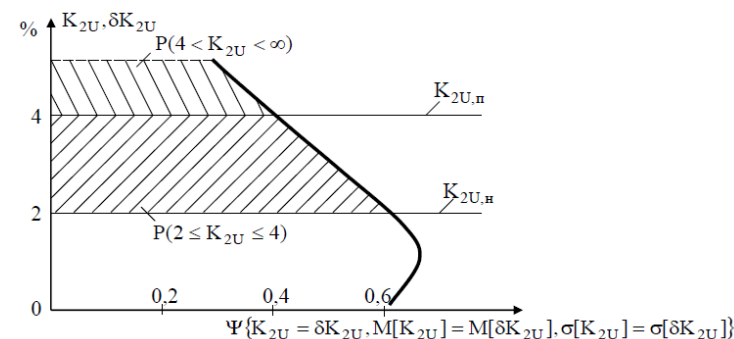


Рисунок 1 – График плотности вероятности распределения случайной величины K_{2U} совмещенный с нормируемыми значениями уровней ЭМС по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности

ВЫВОДЫ

Таким образом, алгоритм расчета кондуктивной ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности доведен до формального алгоритма, позволяющего создать достаточно удобное программное средство в составе программного комплекса «Кондуктивные электромагнитные помехи».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». – Введен от 28 августа 1998 г. – № 338).

2 Benjamin, R. T. Cotts, Kevin L. Graf, William H. Bailey. Electromagnetic Interference Considerations for Electrical Power Systems // The Power Grid, 2017. – P. 137–170.

3 Apostolos Milioudis, Georgios Andreou, Dimitris Labridis. Optimum transmitted power spectral distribution for broadband power line communication systems considering electromagnetic emissions // Electric Power Systems Research. – Vol. 140. – 2016, November. – P. 958–964.

A. P. Kislov, A. V. Antontsev, M. E. Nugmanov

Кері реттілік бойынша кернеулердің мағыналарының коэффициенті бойынша кондуктивті электромагниттік кедергінің есептеу алгоритмі

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. P. Kislov, A. V. Antontsev, M. E. Nugmanov

Algorithm for calculation of conductive electromagnetic interference by the unbalance factor of the negative sequence voltage

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Осы мақалада кері реттілік бойынша кернеулердің мағыналарының коэффициенті бойынша кондуктивті электромагниттік кедергінің есептеу алгоритмі қарастырылады.

The paper considers an improved algorithm for calculating conductive electromagnetic interference using negative sequence voltage values.

**К. Т. Кошекoв¹, А. А. Савостин²,
А. А. Кашевкин³, А. Е. Адильбеков⁴**

¹д.т.н., профессор, кафедра «Энергетика и Радиоэлектроника»; ²к.т.н., доцент, кафедра «Энергетика и Радиоэлектроника»; ³докторант PhD, кафедра «Энергетика и Радиоэлектроника»; ⁴магистрант, кафедра «Энергетика и Радиоэлектроника», Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск
e-mail: ¹kkoshekov@mail.ru; ²alexey.savostin@gmail.com;
³kashevkin2004@mail.ru; ⁴alibekadilbek93@mail.ru

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящей статье обсуждается общая структура и принципы организации интеллектуальной системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий.

Ключевые слова: система диагностики и мониторинга, нефтегазовое оборудование, беспроводные технологии, структурная схема.

ВВЕДЕНИЕ

В Послании Президента РК народу Казахстана от 17 января 2014 года указано: «Нам важно повысить эффективность традиционных добывающих секторов. Они – наше естественное конкурентное преимущество. Нам нужны новые подходы к управлению, добыче и переработке углеводородов, сохраняя экспортный потенциал нефтегазового сектора. Надо окончательно определиться по возможным сценариям добычи нефти и газа».

Многолетний практический опыт показал, что для контроля технического состояния узлов машинного оборудования метод анализа диагностических сигналов является одним из наиболее информативных.

Под понятием «анализ сигналов» [1] подразумевают изучение функциональных зависимостей измеряемых параметров от одной или нескольких независимых переменных, причем, чаще всего в качестве переменных используются время, частота, пространственная координата или порядковый номер в группе независимых измерений.

Существует множество методов анализа и обработки сигналов [2]. Условно они делятся на две группы в зависимости от параметрического представления:

- во временной области: математический анализ формы сигнала и собственных колебаний, статистический и корреляционный анализ;
- в частотной области: фильтрация, спектральный и кепстральный анализы, спектральный анализ огибающей и т.д.

В настоящее время на основе применения вышеуказанных методов наблюдается внедрение «интеллектуализации» в диагностическое оборудование путем создания экспертных систем контроля состояния и диагностики машин и механизмов с применением беспроводных технологий.

В этих условиях, цель данной работы, направленной на создание системы мониторинга и диагностики, включающей программное обеспечение на основе интеллектуальных алгоритмов сбора, первичной обработки и распознавания диагностических и управляющих сигналов нефтегазового оборудования с применением беспроводных коммуникационных технологий в режиме реального времени является весьма актуальной задачей.

Разработанная система может использоваться как набор автономных интеллектуальных инструментов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время в нефтегазовой отрасли существуют две проблемы, нуждающиеся в срочном разрешении.

Первая проблема связана с тем, что более половины объектов оборудования нефтегазового сектора отработали свой нормативный срок. Аварии на нефтегазовых объектах приводят к тяжелым последствиям, как для окружающей среды, так и для населения. Некоторые аварии приводят к катастрофам.

Вторая проблема связана с тем, что в условиях мировой конкуренции на рынке наблюдается резкое падение цен на продукцию, снижение показателей эффективности добычи и транспортировки, «трудноизвлекаемость» в смысле геологии пласта.

Чтобы оставаться рентабельными и успешно разрешить вышеприведенные проблемы, игроки нефтегазового рынка неизбежно должны заниматься сокращением издержек и повышать свою эффективность.

Современное состояние в нефтегазовой отрасли требует внедрения интеллектуальных технологий. Несмотря на определенные научно-технические достижения, как считают ученые, работы по интеллектуализации не ведутся активно, а также имеются ряд проблем, которые требуют неотложного решения.

В результате создания системы должны быть улучшены значения следующих показателей:

- количественные и качественные характеристики мониторинга и диагностики с лингвистическими оценками;
- точность идентификации и распознавания дефектов;
- надежность функционирования оборудования;
- время сбора и первичной обработки диагностических и мониторинговых сигналов;
- количество информационных систем (традиционная, по обработки диагностических сигналов, и с применением искусственного интеллекта);
- время, затрачиваемое на обработку информации;
- точность прогнозирования возникновения дефектных состояний;
- вероятность определения дефектов.

Общая структурная схема интеллектуальной компьютерной системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования представлена на рисунке 1. Согласно рисунку 1 под нефтегазовым оборудованием будем понимать совокупность насосного оборудования, применяемого при добыче углеводородов, а также станки-качалки, используемые при эксплуатации нефтегазовых скважин.

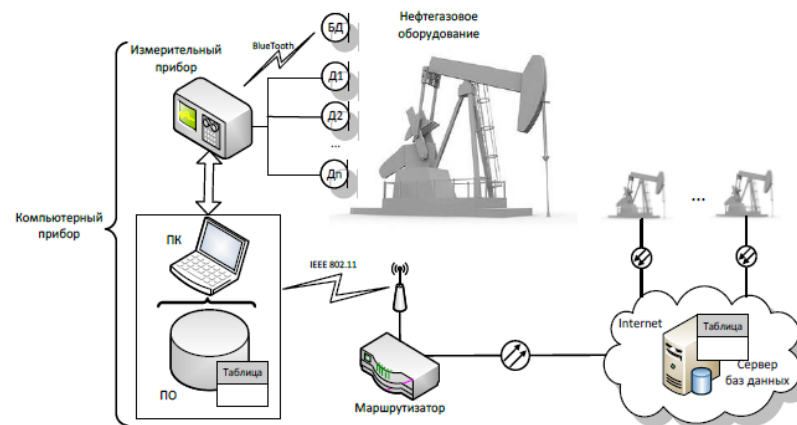


Рисунок 1 – Общая структурная схема интеллектуальной системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования

Рассмотрим предложенные принципы организации интеллектуальной системы. Датчики для измерения вибрации (в размерности – ускорение, скорость, перемещение) D1 – Dn производят сбор информации о состоянии

исследуемого технологического процесса. Данные с датчиков, поступающие по аналоговым интерфейсам, подвергаются процедуре аналого-цифрового преобразования в измерительном приборе. Помимо проводных интерфейсов имеется возможность применения беспроводной технологии передачи данных стандарта Bluetooth с датчиков вибрации (БД на рисунке 1).

В качестве измерительного прибора в системе используется разработка компании НПП «РОС» (Россия, г. Пермь) под коммерческой маркой «Камертон» [3]. Данный тип оборудования позволяет производить следующие операции:

- создание и ведение баз данных замеров вибрации и ваттметрграмм;
- просмотр замеров вибрации и ваттметрграмм со всеми необходимыми математическими преобразованиями;
- реализация оценки текущего технического состояния по параметрам вибрации и потребляемой мощности;
- автоматическое определение неисправностей оборудования;
- расчет остаточного ресурса объектов исследования.

Данный тип измерительного прибора был выбран на основании его функциональных возможностей, а также благодаря опыту и авторитету компании разработчика. ООО НПП «РОС» уже несколько десятков лет поставляет системы для нефтяной, газовой, химической, металлообрабатывающей, транспортной, металлургической, горнодобывающей и других отраслей промышленности.

Измерительный прибор объединен с персональным компьютером (ПК), на котором установлено программное обеспечение (ПО). Все это вместе представляет собой предложенный авторами компьютерный прибор (КП). Программное обеспечение производит автоматическое определение неисправностей оборудования и формирование соответствующей базы диагнозов и эталонов.

Информация с анализируемых объектов нефтегазового оборудования, расположенных в зоне прямой видимости (LoS/LineofSight) передается при помощи беспроводного транспортного канала IEEE 802.11.

Управление сетью передачи данных реализуется на маршрутизаторе с предустановленным дистрибутивом OpenWRT на ядре GNU/Linux. Это позволяет создать систему с расширенным функционалом и гибкостью настроек управления транспортными потоками данных.

Накапливаемая информация в базе данных об исследуемом оборудовании передается на удаленный сервер Lighttpd и PHP5 с базами данных SQLite3 в сети Internet, где аккумулируются в глобальной базе данных и доступна для просмотра и мониторинга экспертом удаленно. Предоставление доступа в интернет осуществляется при помощи оптоволоконного канала связи. В

случае возникновения внештатных ситуаций (нарушение производственного процесса) данные по тревоге доставляются эксперту в виде push-уведомлений.

Для сохранения конфиденциальности данных и предотвращения несанкционированного доступа в сети Wi-Fi необходимо использовать современные алгоритмы шифрования AES/CCMP – алгоритм, основанный на AES256 с дополнительными проверками и защитой. Кроме того при работе с Internet предусмотрено использование протокола HTTPS – расширение протокола HTTP, поддерживающее шифрование. Данные «упаковываются» в криптографический протокол SSL или TLS.

Используемый в работе измерительный прибор способен регистрировать и обрабатывать сигналы от датчиков. Для регистрации вибросигналов и записи их в память прибора используются вибродатчики и комплект соединительных проводов. Выбор типа используемых датчиков зависит от физической природы исследуемого явления, в данном случае – вибрации. В связи с этим в работе необходимо использовать датчики-акселерометры. Для выбора типа используемых акселерометров нужно провести анализ датчиков, представленных на рынке (пьезоэлектрические, пьезорезистивные и на переменных конденсаторах).

Датчики устанавливаются на контролируемом оборудовании, так чтобы направление оси основной чувствительности было параллельно направлению контролируемых колебаний. Для вибропреобразователей, имеющих только токовый выход, используется двухпроводная схема подключения (токовая петля). Такая линия связи отличается высокой помехоустойчивостью и отсутствием перекрестного влияния каналов друг на друга при прокладке нескольких пар линий связи в общем жгуте.

В системе предусмотрено подключение других стандартных выходов.

Кроме всего прочего в работе применяются портативные универсальные измерители вибрации WIS «Flagman» (НПП «РОС») с беспроводным каналом связи и возможностью работы с ПК, ноутбуком и другими устройствами. Это необходимо для повышения мобильности и организации удаленного контроля. Этот датчик может применяться как автономный прибор для измерения параметров вибрации, так и в составе переносных и стационарных систем мониторинга и диагностики технологического оборудования и конструкций.

В качестве измерительного прибора в исследовании используется многоканальный синхронный регистратор и спектроанализатор «Камертон» (далее «измерительный прибор»). Измерительный прибор предназначен для следующих целей:

1 Синхронная регистрация, спектральная обработка и графический анализ сигналов с датчиков. Количество синхронно регистрируемых сигналов – 8 и может изменяться пользователем в произвольной конфигурации в рамках количества каналов.

2 Решение практических проблем оперативной диагностики состояния оборудования при помощи встроенных в компьютер экспертных систем, поиска дефектов различных механизмов и конструкций. Стандартно прибор поставляется с экспертной системой «IDSKамертон-Д», предназначенной для спектральной диагностики вращающегося оборудования.

3 Создание и «ведение» баз данных по зарегистрированным сигналам, сосредоточенных в специальных директориях программы, соответствующих конкретным предприятиям и подразделениям. При помощи этой базы данных можно контролировать техническое состояние оборудования, выявлять тенденции его изменения [3].



Рисунок 2 – Внешний вид измерительного прибора

В измерительном приборе в качестве блока регистрации и синхронизации используется внешний модуль АЦП/ЦАП/ТТЛ E14-440 производства ЗАО «Л-КАРД» (г. Москва, РФ) [4]. Модуль E14-440 представляет собой современное универсальное программно-аппаратное устройство для использования со стандартной последовательной шиной USB. Он предназначен для построения многоканальных измерительных систем ввода/вывода и обработки аналоговых и цифровых данных в составе персональных IBM-совместимых компьютеров. Модуль E14-440 внесен в Государственный реестр средств измерений РФ.

Для эффективной работы экспертной системы рекомендуется использовать компьютер типа «Notebook» с процессором Pentium4 или выше, с операционной системой «Windows XP» и выше. Объем оперативной памяти компьютера – не менее 256 Мб, желательно 512 Мб. Для удобства работы с программой компьютер пользователя должен быть оснащен манипулятором типа «мышь». В более современных компьютерах используются манипуляторы «Trackball», «TouchPad» или иной конструкции. Базовая версия программного обеспечения прибора «Камертон» занимает на жестком диске

примерно 20 Мб. На жестком диске, кроме места для программы, следует предусматривать свободный объем памяти примерно от 10 до 500 Кб памяти для каждого замера (в зависимости от параметров замера).

В результате проведенного анализа беспроводных стандартов и систем передачи данных установлено, что в настоящее время происходит увеличение пропускной способности каналов связи, а также радиуса (дальности) их действия. Причем данная тенденция наблюдается на следующих радиочастотных протоколах: Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, ZigBee, GPRS, WCDMA, В отличие от соединения с помощью микроволнового канала (радиорелейная и спутниковая передача данных), радиочастотные каналы передачи требуют гораздо меньших материальных вложений, как при развертывании, так и при дальнейшей эксплуатации. Беспроводная технология передачи данных имеет главное достоинство среди других систем передачи – это высокая мобильность, что является основополагающим фактором при организации канала связи на открытой местности в условиях сложного технологического процесса [5, 6].

С точки зрения оптимальности выбора с позиции экономичности, скорости передачи и радиуса действия среди перечисленных выше стандартов, наиболее удовлетворяющими решаемым задачам, будут беспроводные локальные сети (WirelessLocalAreaNetwork, WLAN) на основе протокола Wi-Fi.

Для увеличения радиуса действия канала передачи используется специальные внешние антенны. В данном случае под термином «внешняя» надо понимать не наружное ее расположение, а то, что антенна подключается взамен штатной, предусмотренной изготовителем на ПК или маршрутизаторе. С одной стороны, антенна не нарушает требований относительно эквивалентной изотропно-излучаемой мощности, а с другой – все-таки усиливает сигнал, но тоже не в привычном смысле понятия «усиление». В действительности усиления как такового не происходит, ведь антенна Wi-Fi является полностью пассивным устройством, которому неоткуда брать энергию для усиления.

На основании проведенного анализа также можно произвести выбор подходящих стандартов для сбора информации с датчиков. Как показывает практика для этого целесообразно использовать стандарт IEEE 802.15/802.15.4 (BlueTooth) в силу его малого энергопотребления, надежности передачи данных и защиты информации (рисунок 1).

Технология Bluetooth (стандарт IEEE 802.15) позволяет осуществлять передачу данных по радиоканалу на небольшие расстояния (10–100 м) в нелицензируемом диапазоне частот 2,4 ГГц и соединять ПК, мобильные телефоны и другие устройства при отсутствии прямой видимости [6].

Технология Bluetooth поддерживает как соединения типа «точка–точка», так и «точка–много точек». Два или более использующих один и тот же канал устройства образуют пикосеть (piconet). Одно из устройств работает как

основное (master), а остальные – как подчиненные (slave). В одной пикосети может быть до семи активных подчиненных устройств, при этом остальные подчиненные устройства находятся в состоянии «парковки», оставаясь синхронизированными с основным устройством. Взаимодействующие пикосети образуют «распределенную сеть» (scatternet).

Технология Bluetooth позволяет устройствам связываться, как только они появляются в зоне действия друг друга, причем устройства не требуют настройки, – они всегда включены и работают в фоновом режиме.

Как известно, маршрутизатор представляет собой специализированный сетевой компьютер, имеющий два или более сетевых интерфейсов и пересылающий пакеты данных между различными сегментами сети. Маршрутизатор может связывать разнородные сети различных архитектур. Для принятия решений о пересылке пакетов используется информация о топологии сети и определённые правила, заданные администратором.

В соответствии с рисунком 1, используемый в системе маршрутизатор, должен пересылать пакеты, принимаемые по сети WLAN 802.11n, в сеть Internet на удаленный сервер с базами данных.

Применение в системе современных информационных технологий позволяет проводить сбор информации и обучение компьютерного прибора с привлечением большого числа исследуемых объектов, что в свою очередь повышает эффективность и скорость наращивания базы. Применение современных информационных технологий также существенно облегчает работу эксперта, поскольку он получает доступ к общей базе возможных диагнозов и состояний нефтегазового оборудования, хранящейся на удаленно сервере баз данных в сети Internet (как следует из рисунка 1).

Сервер баз данных (БД) выполняет обслуживание и управление базой данных и отвечает за целостность и сохранность данных, а также обеспечивает операции ввода-вывода при доступе клиента к информации [7].

Архитектура клиент-сервер состоит из клиентов и серверов. Основная идея состоит в том, чтобы размещать серверы на мощных машинах, а приложениям, использующим языковые компоненты систем управления БД (СУБД), обеспечить доступ к ним с менее мощных машин-клиентов посредством внешних интерфейсов.

ВЫВОДЫ

В этой статье мы кратко изложили актуальность создания системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий, указали цели создания этой системы. Предложена структура системы с указанием основных узлов и некоторыми аппаратными предпочтениями. Предложен комплексный подход по организации

глобальной базы знаний системы в сети Internet для эффективного доступа к данным экспертов из разнесенных точек проведения диагностирования, механизмы развертывания локальных беспроводных сетей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Барков, А. В., Баркова, Н. А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации. – СПб. : СПбГМТУ, 2004. – С. 176.
- 2 Блейхут, Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: Пер. с англ., – М. : Мир, 1989. – С. 448.
- 3 Многоканальный синхронный регистратор и спектроанализатор «Камертон» / Руководство пользователя. ООО «Научно-производственное предприятие «РОС». – Пермь, 2016.
- 4 E14-440. Внешний модуль АЦП/ЦАП/ТТЛ общего назначения на шину USB 2.0. – М. : ЗАО «Л-Кард», 1989 –2016.
- 5 Финогеев, А. Г. Беспроводные технологии передачи данных для создания систем управления и персональной информационной поддержки // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008. – 51 с.
- 6 Агафонов, Н. Технологии беспроводной передачи данных ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi. // Беспроводные технологии. № 1. – 2006.
- 7 Крёнке, Д. Теория и практика построения баз данных, 8-е изд. / СПб. : «Питер», 2003. – 800 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

К. Т. Кошекков, А. А. Савостин, А. А. Кашевкин, А. Е. Адильбеков

Сымсыз технологиялар негізінде мұнай-газ жабдыктарына диагностика және мониторинг жүргізу жүйесі

М. Қозыбаев атындағы
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Петропавл қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

K. T. Koshekov, A. A. Savostin, A. A. Kashevkin, A. E. Adilbekov

System diagnostics and monitoring of oil and gas equipment based on wireless technologies

M. Kozymbayev North-Kazakhstan State University, Petropavlovsk.
Material received on 18.09.17.

Бұл мақалада сымсыз технологиялар негізінде мұнай-газ жабдығына диагностика және мониторинг жүргізу үшін интеллектуалды жүйені ұйымдастырудың жалпы құрылымы мен принциптері қарастырылады.

This article discusses the general structure and principles of the organization of intellectual system for diagnostics and monitoring of oil and gas equipment based on wireless technologies.

УДК 331.1

Т. И. Крекешева¹, С. Т. Омарова², М. К. Шакир³

¹к.б.н., руководитель лаборатории; ²научный сотрудник, магистр; ³специалист, Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда, г. Астана
e-mail: lrot@miiot

ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА ПРИ ВАХТОВОМ МЕТОДЕ РАБОТЫ

В настоящей статье рассматриваются вопросы правового регулирования вахтового метода работы в Республике Казахстан, странах Организации экономического сотрудничества и развития и Евразийского экономического союза. Даны предложения по оптимизации режимов труда и отдыха при вахтовом методе работы для поддержания оптимального уровня работоспособности в течение вахтового периода и сохранение здоровья работников травмоопасных производствах.

Ключевые слова: правовое регулирование, вахтовый метод, режимы труда и отдыха.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях рыночной экономики организация труда становится одним из важных факторов повышения эффективности производства и сбережения трудовых ресурсов. В настоящее время на травмоопасных производствах республики распространен вахтовый метод производства работ, который представляет собой форму трудовой деятельности, когда работник осуществляет трудовой процесс вне места постоянного проживания.

Данный метод организации труда применяется при освоении нефтяных и газовых месторождений, добыче и переработке руд полезных ископаемых в малонаселенных местностях республики на значительном удалении производственных объектов от места нахождения предприятия и т.д.

Преимущество вахтового метода организации труда сменным (вахтовым) персоналом состоит в том, что он экономически выгоден и позволяет использовать межрегиональные и внутрирегиональные трудовые ресурсы в необходимых объемах.

Вахтовый метода работы влечет за собой применение особых режимов труда и отдыха, регулярных поездок к месту выполнения работ и обратно к месту жительства, что связано с применением режимов труда и отдыха, предусматривающих организацию работ как на весь вахтовый период, так и внутри рабочих смен.

К недостаткам вахтового метода работы относятся вынужденный социальный и психофизиологический дискомфорт, интенсивный труд во время вахтового периода, нарушенный стереотип жизнедеятельности, измененный привычный социальный уклад жизни. Работа в таком режиме сопровождается хроническом напряжением всех систем организма и, как следствие, повышенной заболеваемостью. Вышеперечисленные недостатки вахтового метода труда только частично компенсируются межвахтовыми периодами отдыха. В этой связи, высокую актуальность приобретает научное обоснование режимов труда и отдыха при вахтовом методе организации работы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вахтовый метод работ является особой формой осуществления трудового процесса, поэтому планирования режимов труда и отдыха при вахтовой форме организации труда имеет ряд особенностей. Так, например, при вахтовом методе работ устанавливается суммированный учет рабочего времени при сохранении нормального числа рабочих часов за период не более одного года. Месячные графики работы на вахте устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка предприятия и могут значительно варьировать в пределах года.

Оценка характера трудового процесса работников, занятых на вахтовом производстве, показала, что вахтовый труд относится по напряженности к вредному классу опасности, где напряженность труда чаще всего связана с удлиненной рабочей сменой в условиях вахты, усложнением технологических операций за вахтовую смену, создающих предпосылки для возникновения неблагоприятных нервно-эмоциональных состояний.

Применение вахтового метода организации труда в Казахстане регулируется, в основном, статьей 135 Трудового кодекса Республики

Казахстан (далее – ТК РК) [1]. В этой статье прописаны основные требования к обеспечению жизнедеятельности вахтового персонала, его доставки до места работы и обратно, а также об обязанностях работодателя по созданию условий для выполнения работ и междуменного отдыха, предоставлении жилья и организации питания в период нахождения вахтового персонала на объекте производства работ. Следует отметить, что направление работника на вахту не является командировкой.

В пункте 3 статьи 135 указаны категории работников, которые не допускаются работам, выполняемым вахтовым методом, с целью предупреждения неблагоприятных изменений состояния их здоровья, а именно, работники, не достигшие 18 летнего возраста, беременные женщины со сроком беременности двенадцать и более недель, инвалиды первой группы.

Следует отметить, что общие требования к организации труда и времени отдыха при вахтовом методе работы, прописанные в трудовом законодательстве РК, не учитывают специфику производства по видам экономической деятельности.

В настоящее время основные положения организации труда вахтовым методом на предприятиях РК отражаются в коллективном договоре или Положении о вахтовом методе работы, утверждаемых работодателем после согласования с представителями трудового коллектива. Данные документы могут не в полной мере учитывать требования соответствующих нормативных документов по специфике вида экономической деятельности.

В этой связи, для обеспечения высокой эффективности производства работ вахтовым методом с учетом специфики вида экономической деятельности, соблюдения норм и требований безопасного производства работ, гарантий и компенсаций работников, в соответствии с действующим законодательством, важно Уполномоченному государственному органу, подведомственные предприятия которого применяют вахтовый метод организации работ, разработать Отраслевое положение о вахтовом методе организации труда, в котором будет прописан порядок применения вахтового метода организации работы с учетом специфических особенностей производства. В частности, отраслевые положения о вахтовом методе организации труда применяются в Российской Федерации (далее – РФ).

С целью оптимизации режимов труда и отдыха при вахтовом методе организации работы нами изучено законодательство в данной области стран Организации экономического сотрудничества и развития и Евразийского экономического союза.

В частности, условия применения вахтового метода работ в Канаде регулируется ТК Канады (Canada Labour Code, 1985). Отдельного упоминания

вахтовой формы организации труда (rotation crew method или job sharing) в этом законодательном акте не предусмотрено. Поэтому все вопросы, связанные с режимом и условиями применения вахтового метода, канадские компании устанавливают сами, руководствуясь при этом главой 3 ТК Канады, где для работников предусмотрен 8 часовой рабочий день при 40 часовой рабочей неделе. По согласованию с профсоюзами (Trade Unions), работодатель, в случае особого характера работ, имеет право вести суммированный (усредненный) учет рабочего времени. Работник в этом случае дает согласие на ведение работ по графику, установленному работодателем. Сверхурочная работа разрешается только в исключительных случаях с доплатой за каждый час работы сверх нормальной продолжительности в размере не менее установленной тарифной ставки. Остальные условия применения вахтового метода работ устанавливаются коллективными соглашениями, заключаемыми работодателями с представителями профсоюзов, а также трудовыми контрактами работников.

Изучение законодательства Норвегии по правовому регулированию вахтового метода организации труда показало, что организация труда вахтовым методом регулируется 3 основными законодательными актами: «Законом от 4 февраля 1977 г. № 4 об охране труда, условиях труда и пр.», «Постановлением об охране труда и условиях труда в нефтяной деятельности от 27.11.1992 г.» и «Законом о нефтяной деятельности от 22.03.1985 г. № 11». В соответствии с этими нормативными документами, основными условиями применения вахтовой формы организации трудового процесса являются нижеследующие:

– работник, принимающий участие в трудовой деятельности вахтовым методом, должен быть в возрасте не менее 18 лет (ст. 13 «Постановления об охране труда»);

– нормальное рабочее время не должно превышать 12 часов в сутки и должно составлять, в среднем, 36 часов в неделю в течение минимум одного года (ст. 14 «Постановления об охране труда»);

– перерывы на отдых должны быть не менее получаса при 8 часовом рабочем дне, и не менее 1 часа, если рабочее время составляет 12 часов в день, данные перерывы на отдых включаются в рабочее время (ст. 16 «Постановления об охране труда»);

– общее рабочее время, включая сверхурочную работу, не должно превышать 16 часов в сутки, общая продолжительность сверхурочной работы не должна превышать 200 часов в течение календарного года; работодатель и выборные представители работников могут заключить письменное соглашение, устанавливающее общую продолжительность сверхурочной работы в 300 часов в течение календарного года для каждого отдельного

работника (ст. 17 «Постановления об охране труда»); дополнительная оплата за сверхурочные работы составляет, как минимум, 40 % (ст. 49 п. 3 Закона об охране труда).

Министерство местного самоуправления и Норвежский директорат нефти осуществляют контроль за соблюдением условий труда (ст. 4 «Постановления об охране труда»). Споры об условиях, оправдывающих право на сокращение продолжительности рабочего времени, или о периодах свободного времени, разрешаются Инспекцией по труду (ст. 46 А п. 6 Закона об охране труда).

В США организация работы вахтовым методом распространена на Аляске и регулируется как федеральными законами, так и законами штатов, а именно, закон Вагнера 1935 г. «О трудовых отношениях», Акт о справедливых трудовых стандартах 1938 г., закон Хоббса 1946 г., закон Тафта-Хартли 1947 г. «О регулировании трудовых отношений», Приказ № 9835 «О проверке лояльности государственных служащих», закон Лэндрама-Гриффина 1959 г. «Об отчетности и раскрытии фактов в отношении между трудящимся и предпринимателями».

В регулировании организации работы вахтовым методом отсутствует специфика. В частности, Акт о справедливых трудовых стандартах (Fair Labor Standarts Act) и Закон «О справедливых условиях труда», которыми установлен минимум заработной платы, порядок оплаты сверхурочных, продолжительность рабочей недели – 40 часов, учет сверхурочных часов за неделю и их оплата в полтора раза. Продолжительность обеденного перерыва при организации труда вахтовым методом устанавливается законодательством штата.

Правовое регулирование вахтового метода организации труда в странах Евразийского экономического союза изучено на примере Республики Беларусь (далее – РБ) и России.

В частности, законодательством о труде РБ не установлены какие-либо особенности регулирования вопросов, связанных с режимом рабочего времени и времени отдыха при вахтовой форме организации труда. При рассмотрении всех вопросов, связанных с применением вахтового метода работ, руководствуются соответствующими статьями ТК РБ [2].

Законодательно вахтовый метод организации работы в РБ урегулирован не полностью, поэтому нанимателю, организующему вахты, рекомендуют разрабатывать локальный нормативный правовой акт об организации вахтового метода работы и отражать все необходимые вопросы в нем.

Статьей 99 ТК РБ установлен перечень отраслей, в которых может использоваться вахтовый метод организации работы, и работникам предусмотрена компенсация в виде надбавок. Условия, порядок и размеры

выплаты надбавок за работы, предусмотренные частью первой настоящей статьи, определяются Правительством РБ.

Следует отметить, что при вахтовом методе организации работ в РБ может вводиться суммированный учет рабочего времени, обязательным условием применения которого является установление продолжительности учетного периода (месяц, квартал, иной период). При суммированном учете рабочее время расчетная норма рабочего времени учетного периода должна быть равной нормам рабочего времени, определенными в соответствии со статьями 112-117 ТК РБ. При составлении графиков вахт и сменности на основании статьи 115 ТК РБ необходимо учитывать ограничение максимальной продолжительности рабочего дня для отдельных категорий работников, например, для рабочих строительно-монтажных организаций – 10 часов (статья 316 ТК РБ).

При установлении режимов рабочего времени и времени отдыха при вахтовом методе работы руководствуются следующими требованиями ТК РК, а именно: продолжительность ежедневной работы (смены) не должна превышать 12 часов, работа в течение двух смен подряд запрещается, продолжительность ежедневного (междусменного) отдыха с учетом перерывов для отдыха и питания должна быть не менее 12 часов, число выходных дней в текущем месяце должно быть не менее числа полных недель этого месяца.

Условия, порядок и размеры выплаты надбавок за подвижной и разъездной характер работы, производство работы вахтовым методом прописаны в Положении, утвержденном постановлением Совета Министров РБ от 26.05.2000 № 763. В нем установлены категории работников, имеющих право на надбавки за производство работы вахтовым методом, работающие в организациях видов экономической деятельности, указанных в приложении к Положению № 763. В соответствии с Постановлением № 763 надбавки за производство работы вахтовым методом к заработной плате работников устанавливаются в размере 40 % от нормы суточных.

Таким образом, вахтовый метод организации труда в РБ разрешается применять только в отдельных отраслях. Режим рабочего времени при вахтовом методе труда гибко регулируется, в соответствии с Директивой Президента РБ № 4. В организации работы вахтовым методом в опыте РБ при обращает на себя внимание еженедельное предоставление выходного дня во время работы на вахте.

Работа вахтовым методом в РФ регламентируется главой 47 ТК РФ [3] и требованиями Основного Положения о вахтовом методе организации работ [4]. В соответствии с требованиями трудового законодательства, продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. Как

исключение допускается продолжительность вахты до трех месяцев с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в порядке, установленном ст. 372 ТК РФ. Если же продолжительность вахты не увеличена в соответствии с указанным порядком, но по факту она длится более одного месяца, это может быть расценено как переработка, которая должна оплачиваться в повышенном размере.

При вахтовом методе организации труда законодательство регулирует следующие положения:

- нормальная продолжительность рабочего времени не более 40 часов в неделю; для работающих во вредных условиях труда 3 или 4 степени или опасных условиях труда – не более 36 часов в неделю;

- обязательное ведение учета времени, фактически отработанного каждым работником;

- продолжительность ежедневного (междусменного) отдыха работников не менее 12 часов;

- недоиспользованные часы ежедневного (междусменного) отдыха, а также дни еженедельного отдыха суммируются и предоставляются в виде дополнительных свободных от работы дней (дни междувахтового отдыха) в течение учетного периода;

- число дней еженедельного отдыха в текущем месяце должно быть не менее числа полных недель этого месяца.

Для некоторых категорий сотрудников установлен жесткий запрет на работы вахтовым методом. В частности, к работам, выполняемым вахтовым методом, не могут привлекаться работники в возрасте до восемнадцати лет, беременные женщины и женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, а также лица, имеющие противопоказания к выполнению работ вахтовым методом в соответствии с медицинским заключением.

Следует отметить, на основании статьи 110 ТК РФ, при использовании вахтового метода работы, график сменности на вахте разрабатывается с учетом предоставления работникам непрерывного еженедельного отдыха не менее 42 часов.

В отношении лиц, работающих вахтовым методом, ТК РФ закрепил некоторый перечень гарантий и компенсаций на основании статье 302 ТК РФ. В частности, лицам, выполняющим работы вахтовым методом, за каждый календарный день пребывания в местах производства работ в период вахты, а также за фактические дни нахождения в пути от места нахождения работодателя (пункта сбора) до места выполнения работы и обратно выплачивается взамен суточных надбавка за вахтовый метод работы в размере, установленным нормативными правовыми актами Правительства РФ.

ВЫВОДЫ

Анализ международного опыта о правовом регулировании вахтового метода организации труда позволил выделить положения, применение которых как в трудовом законодательстве РК, так и в коллективных договорах будут способствовать разработке оптимальных режимов труда и отдыха, направленных на поддержание высокого уровня работоспособности в течение всего вахтового периода и сохранение здоровья работников на травмоопасных производствах РК, кроме того, повысят заинтересованность работников в увеличении эффективности производства и качества выполняемых работ при организации труда вахтовым методом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трудовой кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V (с изм. и доп. от 06.04.2016 г.) // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://online.zakon.kz>

2 Трудовой кодекс Республики Беларусь от 26 июля 1999 года № 296-3 (с изм. и доп. по состоянию на 24.10.2016 г.) // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://online.zakon.kz>

3 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 года № 197-ФЗ (редакция от 03.07.2016) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.01.2017г.) // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.consultant.ru>

4 Основные положения о вахтовом методе организации работ N 794/33-22 // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://fss.ru>

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Т. И. Крекешева, С. Т. Омарова, М. К. Шәкір

Жұмыстың вахталық әдісінде еңбекті ұйымдастырудың құқықтық сұрақтары

Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми зерттеу институты, Астана қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

T. I. Krekesheva, S. T. Omarova, M. K. Shakir

Legal issues of the organization of labor under the shift work method

Republican Scientific-Research Institute for
Labor Protection, Astana.
Material received on 18.09.17.

Осы мақалада Қазақстан Республикасы мен Экономикалық ынтымақтастық даму ұйымы және әдісі кезіндегі құқықтық реттеу сұрақтары қаралады. Жарақаттану үлесі жоғары өндірістердегі жұмыстың вахталық әдісі кезінде жұмысшылардың денсаулығы мен вахта мерзімі кезеңінде еңбекке қабілеттілік деңгейін ұтымды қолдану тәсілдері бойынша еңбек пен демалыс тәртібін оңтайландыру жөнінде ұсыныстар жасалынды.

This article deals with the issues of legal regulation of the shift work method in the Republic of Kazakhstan, the countries of the Organization for Economic Cooperation and Development and the Eurasian Economic Union. Proposals are made to optimize working and rest regimes under the shift work method to maintain the optimum level of working capacity during the shift period and to preserve the health of workers in traumatic production.

УДК 621.3

В. С. Литвинов

магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: litvinov1995@bk.ru

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИЛОГО ФОНДА

В данной статье рассматривается проблема энергоэффективности жилого фонда построенного более 30 лет назад. Рассматриваются основные пути повышения энергоэффективности зданий. Приводятся примеры модернизации зданий.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергоаудит, энергопаспорт, теплопроводимость.

ВВЕДЕНИЕ

подавляющее большинство существующих зданий малоэффективны с точки зрения энергопотребления. Средний годовой уровень энергопотребления, по оценке специалистов энергетики, на 55-60 % выше, чем в развитых соседних странах со схожим климатом.

Это происходит потому, что дома, построенные в период 1960-1980-х годов, были спроектированы в соответствии со старыми строительными нормами. Ввиду того, что энергоносители были очень дешёвыми, требования

этих норм к теплостойкости ограждающих конструкций зданий (стен, крыш, окон и т.д.) были более низкие, чем современные. В настоящее время многие владельцы квартир сталкиваются с проблемами, обусловленными некачественным утеплением, и в свете постоянно растущих цен на отопление ситуация становится всё более серьёзной.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Мероприятия, направленные на исследование зданий: энергоаудит, энергопаспорт и термосъемка зданий. Применение энергосберегающих технологий в строительстве

Перед проведением модернизации дома, рекомендуем проведение оценки состояния жилого фонда. Одной из таких оценок является энергоаудит.

Энергоаудит – это процедура, с помощью которой можно выяснить, как используется энергия, какие существуют меры по ее экономии и как можно уменьшить потребление энергии объектом аудита. Энергоаудит дает обзор технического состояния здания и потерь им энергии. Сделав аудит, можно выявить приоритетные работы по реновации дома и сделать расчеты по их окупаемости. Энергоаудит можно рассматривать как часть экспертизы здания, целью которой является выяснить техническое состояние дома и эффективность потребления домом энергии. Энергоаудит поможет составить долгосрочную программу модернизации здания [1].

Результатом аудита является перечень мер и средств для достижения экономии энергии. Приняв эти меры, можно значительно снизить расходы на потребляемую зданием энергию.

Кроме понятие энергоаудит, существует понятие энергопаспорта. Энергоаудит нужен для определения приоритетов и путей энергосберегающей реновации зданий. Энергопаспорт нужен для классификации зданий по уровню энергопотребления.

Состояние жилого фонда

- В настоящее время жилой фонд на 2/3 состоит из многоэтажных домов.
- Средний возраст панельных многоэтажных домов 25–35 лет. Поэтому надо обратить внимание на сохранение жилья, реновацию и продление срока эксплуатации.
- Вследствие удорожания энергоресурсов, следует обратить внимание на более экономное их использование.

В 2003 г. Европейский Парламент и Совет Европы приняли Директиву об энергетической эффективности зданий (Directive 2002/91/EC), целью которой является улучшение энергетической эффективности зданий в странах Евросоюза. Директива обязывает страны-члены ЕС принять для уменьшения потребления энергии в зданиях следующие меры [2]:

- разработка методики расчета потребления энергии;
- внедрение минимальных требований энергетической эффективности;
- реализация минимальных требований при реновации зданий площадью свыше 1000 кв. м;
- внедрение обозначения уровней потребления энергии;
- регулярный контроль котлов и систем кондиционирования воздуха.

Для получения полной картины об энергопотреблении следует составить энергобаланс здания, который показывает потребляемую энергию и различные потери тепла.

Ниже приведен пример теплового баланса 5-ти этажного кирпичного дома, 108 квартир.

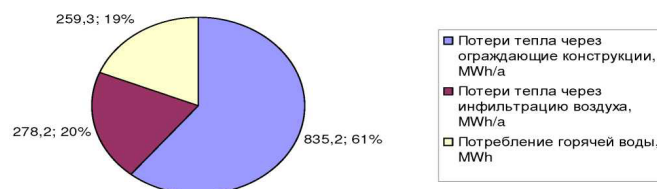


Рисунок 1 – Тепловой баланс здания



а)

б)

Рисунок 2 – Примеры потерь тепла: а) выступающие бетонные панели являются мостиками холода. б) в моторе мотоцикла подобные рёбра служат для его охлаждения

Теплопотери через ограждающие конструкции. Теплопроводность стен обыкновенного многоквартирного дома из железобетонных панелей составляет примерно 0,7–1,2 W/m²K. Это число можно уменьшить до уровня 0,4–0,3 W/m²K путем установки утеплителя на наружную поверхность стен.

От дополнительного утепления наружных ограждений получаемое энергосбережение в пределах 4–12 kWh/m³ в год.

Через швы наружных стен происходит активная инфильтрация. Это служит причиной падения температуры в квартирах при ветреной погоде. Утепление швов специальной эластичным наполнителем, по прогнозам, дает сбережение в среднем 1–2 kWh/m³ в год.

Если следует ремонтировать кровлю из-за ее плохого состояния, то следовало бы исследовать возможность ее утепления. Как постройка наклонных кровель над панельными домами, так и дополнительное утепление чердака, дает сбережение 3–5 kWh/m³ в год. Еще один пример теплопотерь здания – проветривание через окна при засоренной вентиляции.

Факторы, влияющие на энергоэффективность зданий: горячая вода. Из всего водопотребления горячая вода составляет 25–40 %. На каждый 50 градусный литр горячей воды расходуется столько энергии, сколько потребляет 60 Вт лампочка в течение часа. По примерным расчетам на человека расходуется от 1000 до 2000 kWh в год. Расход горячей воды зависит от потребностей жильцов и эффективности устройств в системе водоснабжения. Например, при использовании смесительных кранов можно сэкономить от общего количества горячей воды 5–15 %.

Система отопления:

– Установка нового современного автоматического теплоузла даёт сбережение из-за появляющейся возможности регулировки системы отопления. Получаемое сбережение 2–3 kWh/m³ в год

– Установка балансировочных вентилей на стояках, для балансировки отопительной системы, даёт экономию энергии 4–18 kWh/m³ в год.

– Замена однотрубной отопительной системы на двухтрубную, для более равномерного распределения теплоносителя в системе отопления даёт экономию в пределах 10–30 kWh/m³ в год.

– Установка термостатных регулировочных клапанов. Термостатный регулировочный клапан можно устанавливать как на двух-, так и на однотрубной системе отопления. Экономию оценивают 8–25 kWh/m³ на метр кубический в год, с относительно маленькими инвестициями.

– Изоляция трубопроводов необходима в теплоузлах, в подвалах и в неотапливаемых комнатах. Замена старой изоляции у подвальных труб дает экономию в пределах 2–3 kWh/m³ в год.

– Потери тепла через окна. Особого внимания требуют окна. При замене старых окон на новые, эффект может достигать до 10 kWh/m³.

– Замена окон. К замене окон следует относиться осторожно, потому что при установке новых окон без приточных клапанов, прекращается приток воздуха в помещения и естественная вентиляция

перестаёт работать. Реконструкция естественной вентиляции. Принцип воздухообмена заключается в том, что свежий воздух должен двигаться в направлении загрязненного воздуха. Для этого следует установить приточные вентиляционные клапаны свежего воздуха в жилые и спальные комнаты. Нормализуется воздухообмен при экономии энергии отопления. Значительные потери энергии происходят через вентиляцию, поэтому приведение в порядок воздухообмена в здании может дать большой эффект экономии энергии.

Энергоаудит показывает пути поступления и расхода энергии в виде теплового баланса.

В качестве примера приведем основные результаты энергоаудита для 5-ти этажного 108 квартирного кирпичного дома. Среднее потребление теплоэнергии за период 2010–2012 гг. составило 1410 MWh в год.

В рамках проведенного энергоаудита составлены два предложения по модернизации, благодаря которым возможно не только уменьшить расходы связанные с отоплением дома, но и улучшить внутренний микроклимат в квартирах.

В рамках первого предложения модернизации предлагается произвести:

- утепление кровли
- утепление торцевых стен
- замену подвальных окон.

Годовое энергосбережение составит 206,1 MW/в год. Срок окупаемости данных работ составит около 10 лет.

В рамках более глубокой модернизации предлагается произвести:

- утепление кровли
- утепление фасада
- замену подвальных окон
- модернизацию системы отопления
- утепление подвального перекрытия дома
- обновление системы естественной вентиляции.

Годовое энергосбережение составит 568,3 MWh/в год. Срок окупаемости данных работ составит около 8 лет [3].

После модернизации, здания не только стали отвечать высоким требованиям энергосбережения, но и имеют красивый внешний вид.



а) б)

Рисунок 3 – а) немодернизированное здание; б) аналогичное здание, модернизированное по программе энергосбережения, произведенные работы: утепление фасада и кровли, замена окон. Планируемое снижение стоимость отопления за 1 м² на 40 % в месяц

ВЫВОДЫ

В зданиях, построенных более 30 лет назад необходимо осуществлять работы по утеплению цоколя, фасада и кровли, замене окон, системы отопления, модернизации системы вентиляции помещений. Все эти мероприятия позволят повысить энергоэффективность жилого фонда, путем снижения энергопотребления на 40 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541–IV. «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности».
- 2 Директива Европейского парламента Совета Европейского Союза 2009/28/ЕС от 23 апреля 2009 г. о стимулировании использования энергии из возобновляемых источников.
- 3 Отчет по энергопотреблению жилого фонда // «Ehituskonsult Grupp», 2014.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

В. С. Литвинов

Тұрғын үй қорының энергиялық тиімділігі

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Energy efficiency of housing stock

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 18.09.17.

Осы мақалада 30-дан астам жыл бұрын салынған тұрғын үй қорының энергия тиімділігінің проблемасы қарастырылады. Негізгі энергия тиімділігінің арттыру жолдары қарастырылады. Мысалдар ғимараттардың жаңартуының келтіріледі.

This article considers the problem of energy efficiency of housing stock built more than 30 years ago. The main ways of increasing the energy efficiency of buildings are considered. Examples of building modernization are given.

УДК 62-661

А. С. Никифоров¹, Б. С. Акимбекова²

¹к.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика»; ²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ¹aleke4599@mail.ru; ²bika_88b@mail.ru

ПРОЦЕССЫ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ЧИСТЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В статье представлена разработка технологии газификации твердых каменных углей низкого качества с целью получения при их газификации горючим газом является актуальной задачей.

Цель работы: разработка технологии газификации твердых каменных углей низкого качества.

Задачи работы: 1. Многие технологические процессы требуют для своего обеспечения большого количества тепловой энергии, которую можно легко получить путем сжигания газа, полученного путем газификации угля.

2. В условиях повышения экологических требований к качеству сжигаемых топлив требуются разработки по получению чистых энергетических газов.

Ключевые слова : газификация, твердое топливо, чистые энергоносители.

ВВЕДЕНИЕ

Газификация твердых топлив (углей) является одним из путей поддержания конкурентоспособности для многих производств. Многие технологические процессы требуют для своего обеспечения большого количества тепловой энергии, которую можно легко получить путем сжигания газа, полученного путем газификации угля. Постоянный рост цен на нефть и газ во всём мире обусловил интерес к альтернативным технологиям использования энергоресурсов, таким как преобразование органической части твердого топлива в горючие газы. Газификация проводится в специальных аппаратах – газогенераторах, которые также отличаются друг от друга в зависимости от типа процесса.

Газификация твердого топлива является универсальным методом его переработки. Универсальность методов газификации твердого топлива может рассматриваться в трех направлениях. Во-первых, методам газификации подвластны любые твердые топлива, начиная от торфа самых молодых бурых углей и кончая каменными углями и антрацитом, независимо от их химического состава, состава зольной части, примесей серы, крупности, влажности и других свойств. Во-вторых, методами газификации твердого топлива можно получать горючие газы любого состава, начиная от чистых водорода (H), оксида углерода (CO), метана (CH₄), их смесей в различных пропорциях пригодных для синтеза аммиака, метанола, оксосинтеза, и кончая генераторным газом, который можно использовать для энергетических установок любых типов и любого назначения. Наконец, в-третьих, немаловажной особенностью методов газификации твердого топлива являются их масштабные изменения. Когда газифицируют уголь, получают горючий газ, который можно хранить, транспортировать на большие расстояния. Этот газ легко очистить от таких вредных примесей, как соединения серы, он может быть использован не только как горючее, но и как химическое сырьё для разнообразных синтезов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Газификация – технологический процесс превращения твердого или жидкого топлива в горючие газы путем неполного горения при окислении воздухом, кислородом или водяным паром при высокой температуре. Газификация представляет собой процесс частичного окисления, в результате которого уголь, низкокачественный бурый уголь, древесина, нефтяные остатки и другие горючие отходы преобразуются в синтез-газ. Процесс газификации характеризуется практически нулевым уровнем выбросов, по сравнению с традиционным сжиганием угля, а побочные продукты газификации (азот, аргон, сера и шлак) являются безопасными для окружающей среды.

При газификации в качестве окислителей, которые иногда называют газифицирующими агентами, используют кислород (или обогащенный им воздух), водяной пар, диоксид углерода либо смеси указанных веществ. В зависимости от соотношения исходных реагентов, температуры, продолжительности реакции и других факторов можно получать газовые смеси разного состава.

В истории развития процесса газификации можно выделить две разработки, которые могут считаться первым промышленным аппаратом для газификации. Газификация твердого топлива является универсальным методом его переработки. Универсальность методов газификации твердого топлива может рассматриваться в трех направлениях.

Во-первых, методам газификации подвластны любые твердые топлива, начиная от торфа самых молодых бурых углей и кончая каменными углями и антрацитом, независимо от их химического состава, состава зольной части, примесей серы, крупности, влажности и других свойств.

Во-вторых, методами газификации твердого топлива можно получать горючие газы любого состава, начиная от чистых водорода (H), оксида углерода (CO), метана (N), их смесей в различных пропорциях пригодных для синтеза аммиака, метанола, оксосинтеза, и кончая генераторным газом, который можно использовать для энергетических установок любых типов и любого назначения.

Сжигание различных топлив и в особенности твердых – торфа, сланца, бурых, каменных углей, кокса и др. широко применяется в топках паровых котлов и промышленных печей для использования тепловой энергии в двигателях и в различных технологических процессах.

Твердое топливо широко применяется также для газификации, т.е. превращения топлива в горючий газ. Процесс газификации топлива близок процессу горения. В основе обоих процессов лежит химическое соединение восстановителя (углерода и водорода) с окислителем (кислородом). Отличие в том, что при сгорании происходит полное окисление топлива в условиях избытка кислорода, а газификация идет в условиях дефицита кислорода, при этом полного окисления топлива не происходит.

При газификации в качестве окислителей, которые иногда называют газифицирующими агентами, используют кислород (или обогащенный им воздух), водяной пар, диоксид углерода либо смеси указанных веществ.

При высокотемпературной обработке твердого топлива в среде кислорода воздуха, водяного пара, диоксида углерода и водорода органические составляющие топлива нацело превращаются в газообразные продукты. Основные направления газификации угля и состава продуктов приведены на рисунке 1.

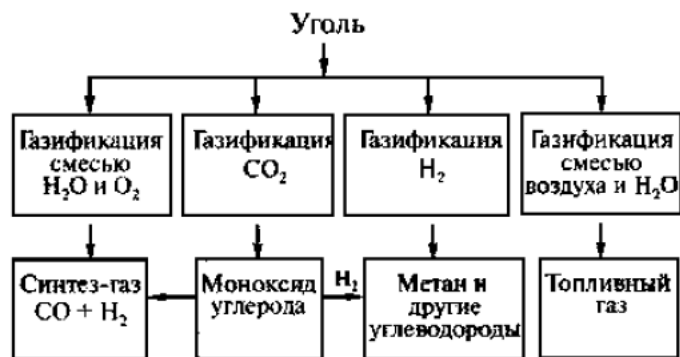


Рисунок 1

К настоящему времени освоены различные модификации промышленных процессов газификации углей, наиболее распространенными из которых являются технологии Лурги (стационарный слой кускового угля), Винклера (кипящий слой угольных частиц), Копперс–Тотцека (пылеугольный поток), Тексако (водоугольная суспензия) и их различные модификации [1, 2, 3, 4]. На опытно-промышленном уровне сейчас отрабатывается около 20 технологий газификации угля нового поколения. Эффективность процессов газификации может существенно повышаться при использовании соответствующих катализаторов, позволяющих снижать температуру при сохранении высокой скорости процесса и регулировать состав продуктов.

Воздействие катализатора на процесс газификации твердого топлива иллюстрируется схемой.

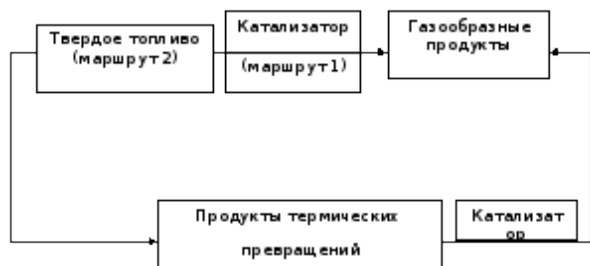
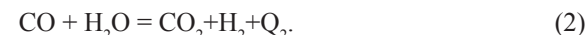


Рисунок 2 –Процесс газификации угля

Расчет теоретического состава газа при газификации твердого топлива под давлением проводится для равновесного состояния методом Дешалита [1].

Исходными данными для расчета являются состав и характеристика газифицируемого топлива, состав дутья и параметры процесса.

Состав генераторного газа определяется, исходя из протекания следующих реакций в равновесной их форме:



Примем, что получаемый газ содержит следующие компоненты: CO_2, CO, H_2O, H_2 . Для определения содержания этих компонентов составим следующие пять уравнений:

$$P_{CO_2} + P_{CO} + P_{H_2O} + P_{H_2} = P_{общ}; \tag{3}$$

$$\frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}} = K_1; \tag{4}$$

$$\frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2}}{P_{CO} \cdot P_{H_2O}} = K_2. \tag{5}$$

$$\frac{P_{H_2O} + P_{H_2}}{2P_{CO_2} + P_{H_2O} + P_{CO}} = \frac{P_{H_2O}}{2P_{O_2} + P_{H_2O}}. \tag{6}$$

Для определения парциальных давлений будем исходить из отношения водяного пара, полученного при испарении влаги из угля, и кислорода в газифицирующей смеси, которую подают под давлением 1МПа, т.е.

$$\frac{P_{H_2O}}{P_{O_2}} = \frac{43}{100}, \tag{7}$$

$$P_{O_2} + P_{H_2O} = 1МПа. \tag{8}$$

Примем значения констант равновесия по справочным данным [5]: $K_1 = 1,725, K_2 = 0,74$. Подставляя эти значения в соответствующие уравнения с помощью некоторых преобразований, получим парциальные давления компонентов, по которым определяем состав газа.

Также проведен расчет состава генераторного газа, получаемого при газификации Майкубенского угля на парокислородном дутье под давлением 0,5 МПа. Майкубенский уголь по свойствам значительно отличается от Экибастузского и имеет следующие характеристики: $W^p=33,12\%$, $A^p=3,02\%$, $Q^p=15$ МДж/кг. Генераторный газ состоит из следующих компонентов, % (об.): $CO = 18,35$; $H_2 = 33,57$; $CO_2 = 42,4$; $N_2 = 1,2$; $CH_4 = 3,53$. Выход генераторного газа составляет $1,07$ nm^3/kg . Рассчитаем состав генераторного газа с учетом реакции образования метана. Полученные данные по расчету теоретического состава газа приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Расчетный состав газов, получаемых при газификации Майкубенского угля под давлением

	Майкубенский уголь		
CO ₂	0,036	7,2	7,74
H ₂	0,174	34,8	37,419
CO	0,25	50	53,76
H ₂ O	0,035	7	-
CH ₄	0,005	1	1,081
Всего	0,5	100,0	100,0

С учетом найденных значений парциальных давлений компонентов в табл. представлен расчетный состав генераторных газов, полученных из Майкубенского угля. Полученное содержание основных компонентов газа оказалось близким к данным реальных процессов. Теплотворная способность газов, полученных при газификации Майкубенского угля, отличаются от данных опытно-промышленных испытаний на 5,7 %. Выявлено, что существенное влияние на процесс газификации оказывает влажность угля, поскольку водяной пар участвует в реакциях образования компонентов генераторного газа. Регулировать влажность поступающего в газогенератор угля можно путем его предварительной подготовки, т.е. в процессе сушки и измельчения в углеразмольных мельницах.

Использование теоретических методов расчета основных показателей генераторного газа в сочетании с данными опытно-промышленных испытаний позволяют получить расчетную методику для определения основных режимных параметров технологических схем производства энергии с газификацией различных углей под давлением.

ВЫВОДЫ

В данной работе были рассмотрены теоретические аспекты процесса газификации твердого топлива и классификация газогенераторов по различным параметрам. В ходе работы проведен расчет процесса газификации угля и составлены материальный и тепловой балансы данного процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Дешалит, Г. И. Расчеты процессов газификации топлива. – Харьков : Вища школа, 1959. – 136 с.
- 2 Шиллинг, Г. Д. Газификация угля / Г. Д. Шиллинг, Б. Бори, У. Краус. – М. : Недра, 1986. 175 с.
- 3 Канторович, Б. В. Введение в теорию горения и газификации твердого топлива. – 1961. – 355 с.
- 4 Альтшулер, В. С. Современное состояние и развитие технологии газификации твердого топлива 1985. – № 1. – С. 309–314.
- 5 Варгафтик, Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. – М. : ГИФМЛ, 1963. – 708 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

A. S. Nikiforov, B. C. Akimbekova

Инновациялық қызметті пайдаланумен таза энергия тасушыны өндіру мақсатындағы қатты отындарды газдандыру үдерістері

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. S. Nikiforov, B. C. Akimbekova

Gasification of solid fossil fuels for the purpose of receiving clean energy using innovation methods

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Газдандыру технологиясын әзірлеу қатты органикалық отын сапасын төмен алу мақсатында оларды газбен жандандыру өзекті міндет болып табылады.

Жұмыстың мақсаты: газдандыру технологиясын әзірлеу кезінде қатты органикалық отын сапасының төмендеуі.

Міндеттері: 1. Көптеген технологиялық процестерді талап етіп қамтамасыз ету үшін, үлкен жылу энергиясының мөлшерін, оны оңай алу арқылы газды жағу жолымен алынған көмірді газдандыру.

2. Артуына байланысты экологиялық сапасына қойылатын талаптарды жағылтатын отын әзірлеу үшін, таза энергетикалық газдарды қажет ету.

Development of technology for the gasification of solid fossil fuels of low quality for the purpose of receiving at their gasification combustible gas is an urgent task.

The aim of the work: Development of technology for the gasification of solid fossil fuels of low quality.

The tasks are: 1. Many technological processes require for their security, a large amount of thermal energy that can be easily obtained by burning gas, obtained by coal gasification.

2. With increasing environmental requirements to the quality of burned fuels there is required development for obtaining clean energy gases.

УДК 621.315:510.83

А. Н. Новожилов¹, Ж. Б. Исабеков², Т. А. Новожилов³

¹д.т.н., профессор; ²докторант PhD, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан; ³к.т.н., ассистент, Омский государственный университет, г. Омск, Россия

e-mail: ¹novozhilova_on@mail.ru; ²zh_is@mail.ru; ³timokvey@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ В КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ С ПОМОЩЬЮ ELECTRONICS WORKBENCH

В статье осуществлено моделирование токов нулевой последовательности в кабельной сети с изолированной нейтралью с использованием системы схематического моделирования Electronics Workbench. Результаты моделирования сравнивались с результатами расчетов токов однофазных замыканий на землю полученных классическим путем. Сопоставление результатов полученных с этими методами моделирования показало, что использование для расчетов токов нулевой последовательности с помощью схематического моделирования Electronics Workbench приводит к погрешности 2–4%. Такая погрешность моделирования дает основание полагать, что моделирование с использованием системы схематического моделирования Electronics Workbench можно использовать и для моделирования этих процессов в линии из двух кабелей.

Ключевые слова: кабельные линии с изолированной нейтралью, однофазное замыкание на землю, моделирование токов нулевой последовательности, схематическое моделирование в системе Electronics Workbench.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно кабельные линии электропередач с изолированной нейтралью в силу различных причин могут выполняться как из одного кабеля, так и из нескольких кабелей. При этом наиболее часто встречающемся электрическим повреждением в таких сетях является однофазное замыкание на землю (ОЗЗ). На него приходится не менее 75 % от общего числа от всех электрических повреждений в них [1, 2]. Для защиты от ОЗЗ в таких сетях

используют устройства релейной защиты, выбор порога срабатывания которых осуществляется по результатам расчета токов ОЗЗ в защищаемой линии.

Для определения токов ОЗЗ в поврежденной линии из одного кабеля обычно используют один из известных методов [1, 2]. Однако в настоящее время для исследования процессов в электрических схемах все чаще используют схематическое моделирование Electronics Workbench. Использование его для определения токов ОЗЗ с одной стороны дает возможность упростить процесс определения токов ОЗЗ в линиях из одного кабеля при различной конфигурации сети, а с другой стороны позволяет решить проблему определения токов ОЗЗ в линии из двух и более кабелей с одним выключателем.

Целью данной работы является оценка возможности использования схематического моделирования Electronics Workbench. для определения токов ОЗЗ в кабельной сети с изолированной нейтралью.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Обычно схема кабельной сети с изолированной нейтралью и радиальными линиями электропередач соответствует той, что приведена на рисунке 1.

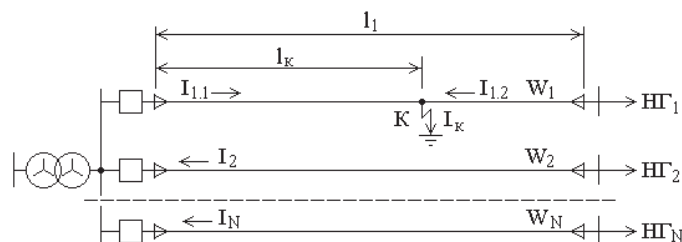


Рисунок 1 – Распределение токов в поврежденной линии из одного кабеля при ОЗЗ

В этом случае [3] токи ОЗЗ в поврежденной линии можно определять как

$$I_{1,1} = 3U_{\phi} / j\omega C_{\Sigma} \text{ и } I_{1,2} = 3U_{\phi} / j\omega C_{1,2}, \quad (1)$$

где $I_{1,1}$ и $I_{1,2}$ – токи в поврежденной линии до точки ОЗЗ и за ней; U_{ϕ} – фазное напряжение сети; $C_{\Sigma} = C_{1,1} + C_{2,n}$ – емкость всей кабельной сети до

точки ОЗЗ в линии 1; $C_{2,n} = \sum_{n=2}^N C_n$ – емкость всех неповрежденных линий

кабельной сети; $C_{1,2}$ – емкость линии 1 за точкой ОЗЗ.; $C_{1,2}$ – емкость линии 1 за точкой ОЗЗ; N – число линий подстанции.

При этом ток замыкания на землю

$$I_k = I_{1,1} + I_{1,2}. \quad (2)$$

Для определения токов нулевой последовательности емкости поврежденной линии длиной l_1 с расстоянием от выключателя до точки ОЗЗ l_k определяются как

$$C_1 = C_0 l_1, \quad C_{1,1} = C_1 l_k / l_1 \text{ и } C_{1,2} = C_1 (l_1 - l_k) / l_1, \quad (3)$$

где C_0 – удельная емкость кабеля относительно земли на один километр длины, которая для конкретного типа кабеля определяется по справочникам [5, 6] или из таблицы 1, сформированной по данным из [6].

Таблица 1 – Параметры алюминиевого кабеля с бумажной изоляцией и вязкой пропиткой на напряжение 6 и 10 кВ

Сечение, мм ²	Активное сопротивление R_0 , Ом/км	Индуктивное сопротивление X_0 , Ом/км	Рабочая емкость C_0 , мкФ/км	
			6 кВ	10 кВ
25	1,24	0,091	0,28	0,23
35	0,89	0,087	0,31	0,27
50	0,62	0,083	0,36	0,29
70	0,443	0,08	0,4	0,31
95	0,326	0,078	0,42	0,35
120	0,258	0,076	0,46	0,37
150	0,206	0,074	0,51	0,44
185	0,167	0,073	0,53	0,45
240	0,129	0,071	0,58	0,46

Аналогичные результаты можно получить, если при расчете токов $I_{1,1}$ и $I_{1,2}$ в поврежденной линии кабельной сети на рисунке 1 воспользоваться схемой замещения приведенной на рисунке 2. В ней используется Т-образная схема замещения поврежденного кабеля, а к точке ОЗЗ подключается источник тока напряжением U_k равный напряжению поврежденной фазы относительно земли.

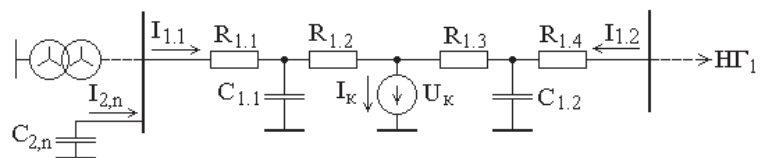


Рисунок 2 – Схема замещения кабельной сети при ОЗЗ

В полученной схеме замещения активные сопротивления частей поврежденного кабеля определяются как

$$R_{1.1} = R_{1.2} = R_1 I_k / 2I_1 \text{ и } R_{1.3} = R_{1.4} = R_1 (I_1 - I_k) / 2I_1, \quad (4)$$

где $R_1 = R_0 l_1$ - активное сопротивление поврежденной линии; R_0 - активное сопротивление кабеля на один километр длины, которое для конкретного типа кабеля определяется также по справочникам [5, 6].

Получить зависимости токов $I_{1.1}$ и $I_{1.2}$ от места расположения точки ОЗЗ при различных значениях емкости $C_{2,n}$ можно также с помощью широко известной и простой системой схемотехнического моделирования Electronics Workbench [4] по схеме, приведенной на рисунке 3.

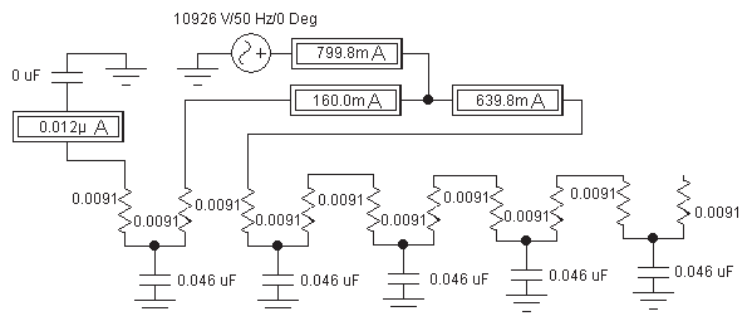


Рисунок 3 – Схема сети в системе схемотехнического моделирования Electronics Workbench

В качестве примера для исследования возможностей схемотехнического моделирования Electronics Workbench при определении токов нулевой последовательности в линии электропередачи напряжение 10 кВ использовались кабели длиной в 1 км с алюминиевыми жилами сечением 25 и 240 мм² при различной величине емкости. Результаты моделирования токов нулевой последовательности в этих кабелях приведены на рисунке

4,а и 4,б, а также 5,а и 5,б. Следует добавить, что в расчетах использовался кабель с бумажной пропитанной изоляцией.

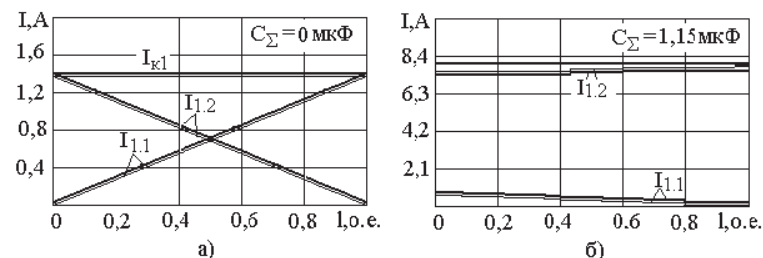


Рисунок 4 – Результаты моделирования токов ОЗЗ в кабельной линии сечением 25 мм²

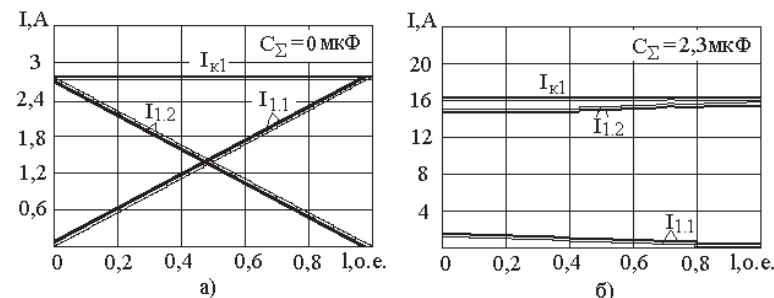


Рисунок 5 – Результаты моделирования токов ОЗЗ в кабельной линии сечением 240 мм²

ВЫВОДЫ

Сопоставление результатов расчетов токов нулевой последовательности в кабельной сети с изолированной нейтралью полученных классическим методом по математическим выражениям (1) и (2), а также с помощью системы схематического моделирования Electronics Workbench показало, что погрешность моделирования токов нулевой последовательности с помощью Electronics Workbench не превышает 2–4%.

Из этого можно сделать вывод, что данная модель адекватна и может использоваться для моделирования токов нулевой последовательности, например, в линии из двух и более кабелей.

- 1 **Лихачев, Ф. А.** Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М. : Энергия, 1971. – 151 с.
- 2 **Цапенко, Е. Ф.** Замыкания на землю в сетях 6–35 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.
- 3 **Беркович, М. А.** Основы техники релейных защит – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 232 с.
- 4 **Панфилов, Д. И., Иванов, В. С., Чепурин, И. Н.** Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Electronics Workbench: В 2 т. Под общей ред. Д. И. Панфилова – Т.1 : Электротехника. – М. : ДОДЕКА, 1999. – 304 с.
- 5 **Крючков, И. П., Кувшинский, Н. Н., Неклепаев, Б. Н.** Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для электроэнергетических специальностей вузов. – 3-е изд., перераб и доп. / Под ред. Б. Н. Неклепаева – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
- 6 **Грудинский, П. Г. и др.** Электротехнический справочник, 4-е, переработ. – Т.1. – М. : «Энергия», 1971. – 880 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

A. N. Novozhilov¹, Z. B. Issabekov¹, T. A. Novozhilov²

Electronics Workbench көмегімен бейтарабы оқшауланған кабелдік тарапта бір фазалы тұйықталу топтарын үлгілеу

¹С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан;

²Омбы мемлекеттік университеті, Омбы қ., Ресей.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov¹, Z. B. Issabekov¹, T. A. Novozhilov²

Simulation of single-phase circuit currents in a cable net with an isolated neutral with Electronics Workbench

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;

²Omsk State University, Omsk, Russia.

Material received on 18.09.17.

Мақалада Electronics Workbench схемалық үлгілеудің жүйесін пайдаланумен бейтарабы оқшауланған кабельдік тарапта нөлдік тізбектің тоқтарын үлгілеуі жүргізілген.

Үлгілеудің нәтижелері классикалық жолмен алынған эсерже бір фазалы тұйықталулардың тоқтарын есептеулер нәтижелерімен салыстырады. Үлгілеудің осы әдістерімен алынған нәтижелері салыстыру Electronics Workbench схемалық үлгілеу көмегімен нөлдік тізбектілік тоқтарын есептеулер үшін пайдалану 2–4 % қателікке әкелетінін көрсетті. Үлгілейдегі осындай қателік Electronics Workbench схемалық үлгілеудің жүйесін пайдаланумен үлгілеуді осы процесстерді екі кабельден тұратын желілерді үлгілеу үшін пайдалануға болатынына негіз береді.

In the article, the simulation of zero sequence currents in a cable network with isolated neutral using the Electronics Workbench system was performed. The results of the simulation were compared with the results of calculations of the currents of single-phase earth faults obtained in the classical way. A comparison of the simulation results with these methods showed that the use of zero-sequence currents for the calculations using the Electronics Workbench schematic simulation leads to an error of 2–4 %. This simulation error suggests that simulation using the Electronics Workbench system can also be used to simulate these processes in a line of two cables.

А. Н. Новожилов¹, Ж. Б. Исабеков², Т. А. Новожилов³

¹д.т.н., профессор; ²докторант PhD, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан; ³к.т.н., ассистент, Омский государственный университет, г. Омск, Ресей
e-mail: ¹novozhilova_on@mail.ru; ²zh_is@mail.ru; ³timokvey@mail.ru

КОНФИГУРАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-10 КВ

В статье рассмотрены принципы формирования электрических схем кабельных электрических сетей 6–10 кВ, сделан их анализ, который показал, что наиболее перспективными и эффективными в технико-экономическом отношении являются кольцевые и магистральные сети с двухсторонним питанием. Выяснено также что, в настоящее время в сети с замкнутой конфигурацией в нормальном эксплуатационном режиме сети с двумя источниками питания одна из линий должна быть отключена. Это вызвано невозможностью селективного отключения поврежденной линии, в частности при однофазном замыкании на землю.

Ключевые слова: кабельные электрические сети, источник питания, потребители электроэнергии, главные понижающие подстанции.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании электрической сети 6–10 кВ выбор главной схемы является определяющим и зависящим от нескольких факторов. Именно в это время определяется полный состав элементов и связей между ними. В свою очередь главная схема представляет собой совокупность основного электрооборудования в виде генераторов, трансформаторов, линий, сборных шин и коммутационной аппаратуры со всеми соединениями между ними [1].

При этом всегда опираются основной фактор в виде экономической целесообразности при минимизации допустимого количества высоковольтного электрооборудования. Это вызвано тем, что именно высоковольтное оборудование является наиболее дорогим и требует значительных площадей для его установки.

Другим не менее важным фактором, определяющим конфигурацию кабельных электрических сетей 6–10 кВ, является место расположения

источников питания (ИП) и потребителей электроэнергии (ПЭ) и их категория, определяющая надежность электроснабжения.

Так к ПЭ первой категории в соответствии с [2] относят те, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, нарушение сложного технологического процесса и функционирование особо важных элементов коммунального хозяйства.

ПЭ первой категории должны обеспечиваться питанием от двух независимых ИП, при этом длительность перерыва питания не должна превышать времени автоматического восстановления питания [2].

ПЭ второй категории являются те, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, приводит к массовому простоя и недоотпуску продукции, а также к нарушению технологических процессов непрерывного действия и нормальной деятельности особо важных элементов коммунального хозяйства.

В связи с этим потребителей электроэнергии второй категории рекомендуется обеспечивать питанием от двух независимых источников, взаимно резервирующих друг друга. Для них допустимы перерывы подачи электроэнергии на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады [2].

Допускается питание по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату. При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены повредившего трансформатора за время не более одних суток допускается питание от одного трансформатора [2].

Все остальные являются потребителями электроэнергии третьей категории.

На чертежах главную схему электрической сети представляют в однолинейном исполнении при отключенном положении всех элементов установки. В отдельных случаях допускается изображать некоторые элементы схемы в рабочем положении.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как известно кабельные электрические сети с напряжением 6–10 кВ в основном используются для электроснабжения промышленных предприятий и собственных нужд электрических станций [2].

Источниками питания (ИП) такой системы электроснабжения являются главные понижающие подстанции (ГПП) промышленных предприятий и трансформаторы собственных нужд электрических станций. Обычно

на трансформаторы ГПП приходит напряжение 35–220 кВ. Исходя из экономической целесообразности практически всегда ГПП имеет один или два понижающих трансформатора, а также одинарную или двойную систему шин на напряжение 6–10 кВ. Что позволяет обеспечить возможность присоединения к ГПП значительного числа кабельных линий и оперативную гибкость в процессе эксплуатации [3]. В ряде случаев для ограничения токов короткого замыкания вторичные обмотки этих трансформаторов выполняются с расщепленными обмотками.

Достаточно важную роль в электрических сетях 6–10 кВ промышленных объектов и городов играют распределительные подстанции (РП). Их, как правило, располагают в непосредственной близости от определенных групп потребителей электроэнергии. Так на промышленных предприятиях это могут быть цеха с крупными двигателями 6–10 кВ или руднотермическими печами, а в городских сетях это группы многоэтажных домов. Использование РП позволяет сократить количество ячеек выключателей на напряжение 6–10 кВ, уменьшить протяженность кабельных линий и упростить оперативную эксплуатацию распределительной сети.

Исходя из типа потребителя и условий его электроснабжения распределительных электрических сетях 6–10 кВ могут реализовываться по радиальной, магистральной, кольцевой схемам сетей.

Радиальные сети, как правило, передают электроэнергию к потребителям только в одном направлении [3]. Примером простой радиальной сети с одним ИП может служить РП с одним трансформатором для ПЭ третьей категории в виде групп крупных двигателей или районов городской застройки. Ее схема приведена на рисунке 1, где ИП является трансформатор TV1.

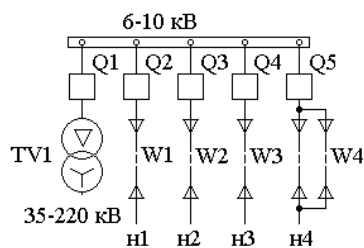


Рисунок 1 – Схема простой радиальной кабельной сети на напряжение 6–10 кВ с одним источником питания

Если по требованиям надежности электроснабжения ПЭ относятся к первой или второй категории, то РП выполняется с двумя трансформаторами и системами шин. Пример схемы такой радиальной сети с двумя источниками

питания приведен на рисунке 2, где TV1 и TV2 – первый и второй источники питания.

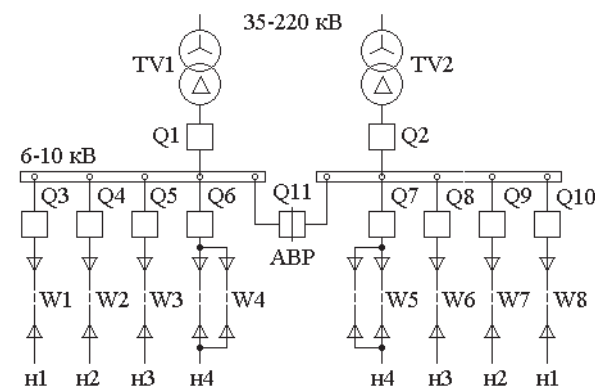


Рисунок 2 – Схема радиальной кабельной сети на напряжение 6–10кВ с двумя ИП

В нормальном режиме РП секционный выключатель Q11 шин разомкнут, и оборудуется устройством для автоматического включения резерва (АВР) при аварийном отключении одного из источников питания [4].

Иногда в силу производственной необходимости для питания ПЭ используют кабельную кольцевую сеть [2]. К такой сети каждый ПЭ подключается с помощью разьединителей и имеет двухстороннее питание. В особых случаях такая сеть может иметь более двух ИП [2]. Пример схемы кольцевой сети приведен на рисунке 3.

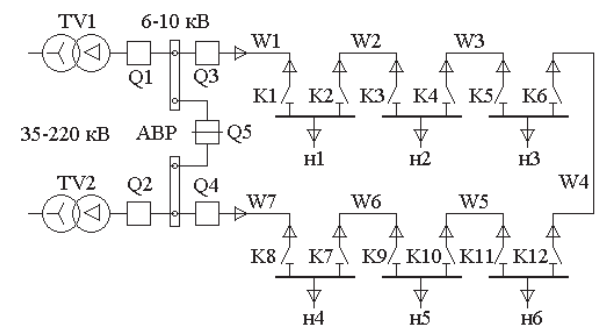


Рисунок 3 – Схема кольцевой кабельной сети на 6–10 кВ с двумя ИП

Следует добавить, что в настоящее время в сети с замкнутой конфигурацией в нормальном эксплуатационном режиме сети с двумя ИП секционный выключатель Q5 и одна из линий W1 – W7 должны быть отключены. Это вызвано невозможностью селективного отключения поврежденной линии, в частности при однофазном замыкании на землю. Последнее определяется отсутствием по технико-экономическим соображениям линейных выключателей в цепях всех линий, кроме их головных участков, а также практической невозможностью применения в таких сетях релейных защит направленного действия. Выбор линии, отключенной в нормальных режимах сети, производится по условиям потокораспределения, соответствующего минимальным потерям мощности при наибольших нагрузках сети.

Магистральная кабельная сеть, как правило, характеризуется наличием двух источников питания и нескольких соединенных последовательно кабельных линий, к которым в точках соединения этих линий также с помощью разъединителей подключаются ПЭ. Пример схемы такой сети приведен на рисунке 4 [3].

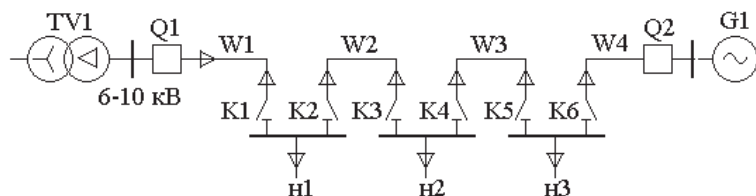


Рисунок 4 – Схема магистральной кабельной сети на 6–10 кВ питающейся от двух ИП

Следует отметить что многоконтурные сложнзамкнутые схемы распределительных электрических сетей на данный момент СЭС не находят должного применения.

ВЫВОДЫ

Анализ возможностей рассмотренных видов конфигурация электрических сетей 6–10 кВ, показал, что наиболее перспективным и эффективным техническим решением являются кольцевая и магистральная сеть с двухсторонним питанием. Так как при этом используется минимум выключателей, а при повреждении линии питание потребителя приходит от второго источника. Несмотря на то, что в эксплуатационном режиме сети одна из линий должна быть отключена из-за практической невозможностью селективного определения поврежденной линии. Эту ситуацию легко изменить, если разработать способ защиты, который позволял бы селективно

определять повреждение в электрической сети с изолированной нейтралью от однофазного замыкания на землю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Идельчик, В. И.** Электрические системы и сети: – М. : Энергоатомиздат, 1989 – 592 с.
- 2 **Рожкова, Л. Д., Козулин, В. С.** Электрооборудование станций и подстанции: учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
- 3 **Бурман, А. П., Строев, В. А.** Современная электроэнергетика. – Издательство МЭИ, 2004. – 130 с.
- 4 **Ополева, Г. Н.** Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: учеб. пособие. – М. : Форум : ИНФРА-М, 2006. – 480 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

А. Н. Новожилов¹, Ж. Б. Исабеков¹, Т. А. Новожилов²
6–10 кВ кабелдік тораптардың конфигурациясы

¹С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан;
²Омбы мемлекеттік университеті, Омбы қ., Ресей.
 Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov¹, Z. B. Issabekov¹, T. A. Novozhilov²
Configuration of cable electrical networks 6-10 kV

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;
²Omsk State University, Omsk, Russia.
 Material received on 18.09.17.

Мақалада 6–10 кВ желілерін электр кабелі электр тізбектерін қалыптастыру принциптері ең перспективалы және тиімді техникалық және экономикалық екі жақты қоректену көзімен сақиналы және магистральдық желілерін екенін көрсетті, олардың талдау, жасалған сипаттайды. Ол сондай-ақ қалыпты жұмыс режимінде жабық конфигурациясы, екі қуат блоктары бар желісімен желісінде қазіргі уақытта, бағыттарының бірі ажыратылған болуы тиіс, болып табылған. Бұл селективті бір фазалы жерге түйықталған, атап айтқанда, ақаулы желісін ажырату мүмкін болмаған байланысты.

The principles of forming electrical circuits of 6–10 kV cable electrical networks are considered in the article, their analysis is made, which showed that ring and backbone networks with two-way power supply are the most promising and effective technically and economically. It has also been found out that, at present, in a network with a closed configuration in the normal operating mode of a network with two power supplies, one of the lines must be disconnected. This is due to the impossibility of selective disconnection of the faulty line, in particular for single-phase earth faults.

УДК 621.762:666.64:66.067.124

**А. С. Ногай¹, О. М. Кабылбекова², Д. Е. Ускенбаев³,
Е. Б. Айнакулов⁴, А. А. Ногай¹, Б. Б. Исабекова⁵,
Д. К. Жаксыбаева⁶**

¹д.т.н., Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана; ²к.т.н., доцент, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана; ³доктор PhD, КАТУ имени С. Сейфуллина, г. Астана; ⁴к.т.н., Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана; ⁵доктор PhD, Павлодарский государственный педагогический институт, г. Павлодар; ⁶магистр, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана
e-mail: asbizh@mail.ru

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИБРИДНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В работе представлены результаты исследования автономных накопителей электроэнергии на основе аккумуляторов и суперконденсаторов. Были изучены характеристики различных вариантов эквивалентных схем накопителей электроэнергии путем моделирования. Установлены оптимальные режимы работы гибридных накопителей электроэнергии, а также выявлены параметры элементов схем таких накопителей, при котором достигается наибольшая его эффективность работы.

Ключевые слова: суперконденсатор, аккумуляторная батарея, конденсатор, гибридный энергонакопитель, эквивалентная схема.

ВВЕДЕНИЕ

Для энергетики в настоящее время актуальным является разработка эффективных автономных источников электроэнергии [1, 2]. На сегодняшний день довольно широкое применение нашли гибридные устройства в качестве источников тока.

Уже широко используются автономные источники тока для электроснабжения электро-, радиоприборов и систем электронного управления в транспортных устройствах (в электромотоциклах, мобильных устройствах связи, летательных аппаратах и т.д.).

Актуальной задачей при построении источников электроэнергии для ряда устройств является выбор эффективных энергонакопительных

элементов, обладающих большой емкостью и малым внутренним сопротивлением, а также обладающих быстро и эффективно отдавать энергию и сохранять свои характеристики при частых зарядах и разрядах. Известно, что суперконденсаторы обладают более высокой емкостью и меньшими массогабаритными характеристиками, чем электролитические конденсаторы и имеют более высокую скорость заряда и разряда, чем аккумуляторы.

Использование суперконденсаторов совместно с аккумуляторами является перспективным направлением создания автономных гибридных накопителей электроэнергии, т.к. позволят повысить эффективность работы и срок службы аккумуляторов [3].

Целью данной работы является изучение модели «суперконденсатор – батарея» для поиска оптимальной схемы гибридного энергонакопителя, способной обеспечить ее эффективную работу.

Для реализации поставленной цели изучены взаимосвязи между батареями, суперконденсатором и конденсатором, чтобы провести оценку потенциального увеличения пиковой мощности, сокращения внутренних потерь.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методика эксперимента. Для исследования предлагаемого гибридного энергонакопителя были составлены две эквивалентные схемы гибридных энергонакопителей, которые включали в себя аккумуляторную батарею E_B , суперконденсатор $C_{СК}$, электролитический конденсатор C_K .

Батарея рассматривалась нами, как идеальный источник напряжения и внутреннего сопротивления. При исследовании аккумуляторная батарея была представлена эквивалентной схемой, приведенной на рисунке 1, в которой согласно [4] учтены все основные электрические параметры батареи: E_A – ЭДС батареи; $R_{A,эл}$ – сопротивление, отражающее проводящие свойства электролита; C_A – эквивалентная емкость, обусловленная внутренней структурой батареи; R_A, L_A – сопротивление и индуктивность выводов батареи.

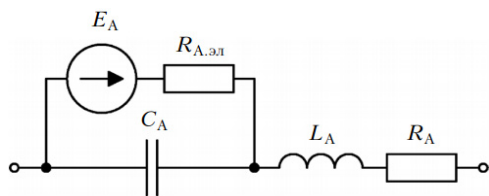


Рисунок 1 – Эквивалентная схема аккумуляторной батареи

Суперконденсатор был смоделирован в виде номинальной емкости ($C_{СК}$) и эквивалентного последовательного сопротивления ($R_{СК}$) и катушки индуктивности ($L_{СК}$). Эти элементы схемы реально могут отражать динамику энергетического процесса в суперконденсаторе. Данная схема построена без учета тока утечки суперконденсатора, в виду ее незначительности. Выбор эквивалентной схемы суперконденсатора для проведения исследований проведен в соответствии с рекомендациями работы [5] и представлена на рисунке 2. Эквивалентная схема электролитического конденсатора была составлена аналогично суперконденсатору.

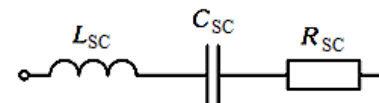


Рисунок 2 – Эквивалентная схема суперконденсатора

Для исследования модели гибридного энергонакопителя была составлена ее эквивалентная схема, которая с достаточной точностью отражала его электрические свойства (см. рис. 3). Модель гибридного энергонакопителя была существенно упрощена для облегчения проведения анализа.

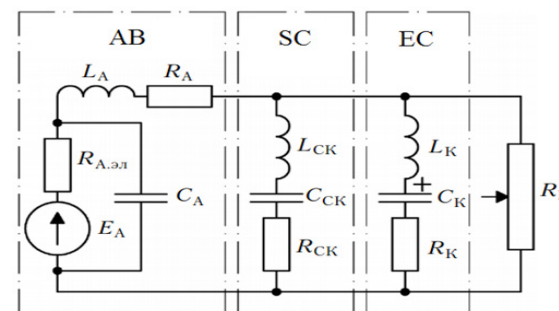


Рисунок 3 – Общая эквивалентная схема гибридного энергонакопителя

Исследование характеристик гибридного энергонакопителя, приведенного на рисунке 3 проводили с помощью имитационного моделирования с использованием пакета MATLAB/Simulink.

Результаты и их обсуждение. При моделировании были рассмотрены два варианта автономных гибридных источников электроэнергии, отличающиеся между собой аккумуляторными батареями. В первом случае был применен свинцовый автомобильный аккумулятор, а во втором литий ионный аккумулятор.

Также перед моделированием были учтены несоответствия параметров аккумуляторных батарей и суперконденсаторов. В частности, напряжение аккумулятора – 12 В, а суперконденсатора на 2,7 В. Поэтому для согласования этих приборов по напряжению были последовательно соединены 5 суперконденсаторов.

В первом случае в качестве источника энергии были выбраны автомобильный аккумулятор типа 6СТ-55 емкостью 55 А·ч, суперконденсаторы марки ВСАР0350Е270Т11 с емкостью 350 Ф, электролитический конденсатор К50-77 с емкостью 0,1 Ф. При моделировании были заданы следующие параметры эквивалентной схемы аккумулятора: $E_A = 12$ В; $C_A = 1,25$ Ф; $R_{A,эл} = 83,3$ мОм; $R_A = 7,7$ мОм; $L_A = 0,2$ мГн. Параметры эквивалентной схемы батареи из пяти последовательно соединенных суперконденсаторов: $C_{СК} = 70$ Ф; $R_{СК} = 16$ мОм; $L_{СК} = 0,3$ мкГн. Параметры эквивалентной схемы электролитического конденсатора: $C_K = 0,1$ Ф; $R_K = 15$ мОм; $L_K = 0,1$ мкГн.

Во втором случае источником энергии служил литий ионный аккумулятор емкостью 1,6 А·ч и величиной ЭДС 1,2 В, суперконденсаторы ВСАР0350Е270Т11 емкостью 350 Ф, электролитический конденсатор К50-77 емкостью 0,1 Ф. При моделировании были заданы следующие параметры эквивалентной схемы аккумулятора: $E_A = 3,7$ В; $C_A = 0,85$ Ф; $R_{A,эл} = 65$ мОм; $R_A = 25$ мОм; $L_A = 0,4$ мГн. Параметры эквивалентной схемы батареи из двух последовательно соединенных суперконденсаторов: $C_{СК} = 175$ Ф; $R_{СК} = 16$ мОм; $L_{СК} = 0,3$ мкГн. (Последовательное соединение суперконденсаторов применено для их согласования по напряжению с аккумуляторной батареей, т. к. каждый из суперконденсаторов рассчитан на 2,7 В, а напряжение аккумулятора – 3,7 В.) Параметры эквивалентной схемы электролитического конденсатора: $C_K = 0,1$ Ф; $R_K = 15$ мОм; $L_K = 0,1$ мкГн.

Рассмотрим результаты исследования взаимосвязи между батареями, суперконденсатором и нагрузкой в терминах их мощностных и энергетических долей, что делает возможным провести оценку потенциального увеличения пиковой мощности, сокращения внутренних потерь и увеличения срока эксплуатации.

В ходе моделирования были получены диаграммы изменения тока в ветвях схемы при нерегулярном разряде стационарного электронакопителя на нагрузку (рис. 4). По экспериментальным результатам, представленным на рисунке 4 а видно, что ток аккумуляторной батареи (i_A) нарастает довольно медленно, значительно быстрее нарастает ток суперконденсаторов ($i_{СК}$), а скорость нарастания электролитического конденсатора (i_K), самая высокая.

Ток в нагрузке является суммой всех трех токов, что обеспечивает его стабильность в исследуемом интервале времени. Поддержание тока нагрузки на начальном участке формирования тока определяется конденсатором, а на среднем и конечном – суперконденсаторами. Кроме того, на конечном участке становится заметной и роль аккумулятора.

Также в ходе исследования были получены диаграммы изменения энергии, выделяемой в нагрузку при нерегулярном разряде накопительных элементов в различных комбинациях (см. рис. 4 б). Результаты, представленные на рисунке 3 б показывают, что энергия накопителя, состоящего из аккумуляторной батареи и конденсатора ($W_A + W_K$) низка, поэтому может не обеспечить необходимый средний уровень энергии потребителю. Однако энергия накопителя состоящего из аккумуляторной батареи и суперконденсатора ($W_A + W_{СК}$) уже способна обеспечить необходимый средний уровень энергии потребителю. И наконец, энергия накопителя, состоящая из аккумуляторной батареи, суперконденсатора и конденсатора ($W_A + W_{СК} + W_K$) уже способна обеспечить потребителя избыточной энергией, превосходящей средний уровень.

Из данного анализа видно, что и батарея и суперконденсатор обеспечивают токи для нагрузки, когда она включена, в то время как батарея заряжает суперконденсатор, когда нагрузка отключена. Мгновенный ток батареи, который должен был бы быть на том же уровне, что и ток нагрузки, существенно снижен благодаря поддержке суперконденсатора.

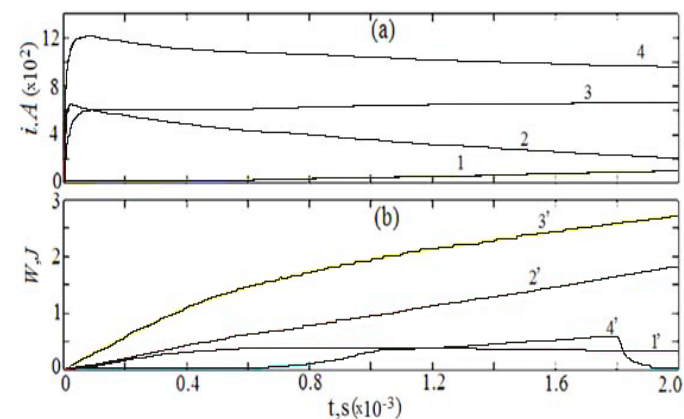


Рисунок 4 – Диаграммы изменения тока в ветвях схемы (а) и выделяемой в нагрузку энергии (б) при нерегулируемом разряде стационарного энергонакопителя на нагрузку для системы «аккумулятор типа 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77»: а) 1 – ток аккумулятора, 2 – ток конденсатора, 3 – ток суперконденсатора, 4 – суммарный ток; б) 1' – энергия аккумулятора, 2' – суммарная энергия аккумулятора и суперконденсатора, 3' – суммарная энергия аккумулятора, конденсатора и суперконденсатора, 4 – средний уровень энергии, необходимой для формирования импульса

Ток, обеспечиваемый суперконденсатором при подключенной нагрузке, существенно снижает пиковый ток батареи и, поэтому, значительно улучшает возможности системы.

Следует обратить внимание, что изменения тока в ветвях схемы (см. рис. 5 а) характеризуется двумя режимами: резкого нарастания до максимального значения и плавным спадом до значений насыщения.

Напротив изменение энергии вырабатываемой в нагрузке характеризуются плавными кривыми нарастания (см. рис. 4 б).

Аналогичные качественные диаграммы изменения тока и энергии выделяемой в нагрузку при нерегулируемом разряде энергонакопителя на нагрузку были получены при исследовании энергонакопительной системы с литий ионным аккумулятором. Следует отметить, что в данном случае значения токов и энергии на диаграммах изменения тока и энергии выделяемой в нагрузку имели большие величины.

Для изучения роли каждого элемента схемы были изучены вольт-амперные характеристики (ВАХ) двух систем: «свинцовый аккумулятор 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77» и «литий ионный аккумулятор – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 –электролитический конденсатор К50-77». Из анализа соответствующих диаграмм перечисленных систем, а также путем соответствующей обработки были получены ВАХ для этой системы.

На рис. 5 приведены ВАХ элементов схемы «свинцовый аккумулятор 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77» как в режиме резкого нарастания до максимального значения, так и в режиме насыщения.

Отметим, что для обеих режимов характерно значительное нарастание тока с повышением напряжения (в интервале от 2 до 12 В). Причем, во всех случаях наибольшие изменения тока достигаются при комбинации аккумулятора, суперконденсатор, конденсатор, а для всех других элементов изменения тока ниже. Представленные данные вызывают практический интерес, например, в импульсных устройствах

С повышением напряжения вплоть до 12 В изменение энергии элементов системы характеризуется стабильными значениями. Напротив для системы «свинцовый аккумулятор – суперконденсатор – электролитический конденсатор» характерно нарастание изменения энергии с повшением напряжения.

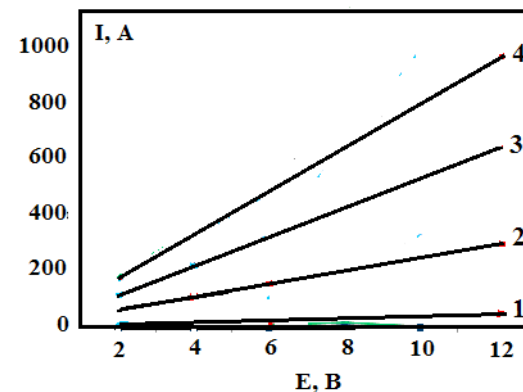


Рисунок 5 – ВАХ элементов схемы «свинцовый аккумулятор 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77» в режиме резкого нарастания до максимального значения и в режиме насыщения: 1 – для аккумулятора; 2 – для конденсатора; 3 – для суперконденсатора; 4 – для аккумулятора, конденсатора и суперконденсатора

Как следует из экспериментальных результатов для отдельных элементов схемы значения тока и энергии выделяемой в нагрузку меньше, чем для системы «свинцовый аккумулятор – суперконденсатор – электролитический конденсатор». Приведенные на рис. 4 результаты можно связать с тем, что в гибридных накопителях высокая энергия аккумулятора и большая мощность суперконденсатора обеспечивают быстрые нарастания тока на ВАХ (рис. 5).

С другой стороны для аккумуляторов характерна большая инерционность динамических процессов заряда – разряда, что связано с медленным протеканием химических процессов в системе [6]. Напротив, для суперконденсаторов характерны быстрые процессы заряда – разряда [7]. Поэтому инерционность изменения тока в аккумуляторе заметно снижается в гибридной системе «свинцовый аккумулятор – суперконденсатор – электролитический конденсатор» за счет быстрогодействия суперконденсатора.

Результаты исследования показали, что оба рассмотренных варианта гибридных энергонакопителей, содержащих аккумуляторные батареи и суперконденсаторы, обладают более высокими динамическими характеристиками и энергетической эффективностью, чем каждый накопительный прибор по отдельности. Особенно эффективны гибридные энергонакопители при использовании в качестве формирователя необходимого количества импульсов тока с заданными параметрами.

Энергонакопители могут быть перспективными для использования в различных автономных источниках питания, предназначенных для установок, работающих в импульсных режимах, т.к. суперконденсаторы способны снять частично нагрузку (играть роль защиты) от аккумуляторов при переходных режимах включения и выключения. Замечено, что с повышением напряжения резко возрастает ток и емкость гибридных энергонакопителей.

Кроме того, большая электроэнергия аккумулятора и большая мощность суперконденсатора позволяет компенсировать недостатки одного элемента преимуществом другого в системе накопителя энергии. Из двух рассмотренных вариантов энергонакопительных систем по значениям и динамике изменения энергетических характеристик более предпочтительным является система с литий ионным аккумулятором.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в работе было установлено, что от комбинации аккумуляторной батареи и суперконденсатора можно получить более высокую энергоемкость накопителя и высокую скорость отдачи энергии в нагрузку, чем для каждого элемента схемы по отдельности. Причем этот эффект лучше достигается в случае с литий ионным аккумулятором.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Казарян, С. А.** Гибридное устройство аккумуляирования электрической энергии с электрохимическим суперконденсатором и свинцово-кислотной батареей. / С. А. Казарян, Г. Г. Харисов, В. А. Казаров, С. Н. Разумов, С. В. Литвиненко. // Патент РФ № 2484565. – 2008. – С. 30.

2 **Mahon, P. J.** Measurement and modeling of the high-power performance of carbon-based supercapacitors. / P. J. Mahon, G. L. Paul, S. M. Keshishian, A. M. Vassallo. // J. Power Sources. – 2000. – Vol. 91. – P. 68–76.

3 **Douga, R. A.** Увеличение мощности и срока службы гибридной системы «Батарея – Суперконденсатор». / R.A. Douga, I, Senior Member, IEEE, Liu Shengyi, Member, and E. Ralph White. // IEEE Transactions on components and packaging technologies. – 2010. – P. 1–23.

4 **Паэрэнд, Ю. Э.** Комбинированный накопитель энергии «аккумуляторная батарея – электролитический суперконденсатор». / Ю. Э. Паэрэнд, А. Ф. Бондаренко, Ю. В. Бондаренко. // Технічна електродинаміка. – 2008. – Ч. 6. – С. 76–79.

5 **Marco, S. W., Chan, K. T., Chau, C. C.** Effective Charging Method for Ultracapacitors. // Journal of Asian Electric Vehicles. – 2005. – V. 3. – № 2. – P. 771–776.

6 **Хрусталева, Д. А.** Аккумуляторы. – М. : Изумруд, 2003. – 224 с.

7 **Jeongbin, Lee.** Modeling of the Electrical and Thermal Behaviors of an Ultracapacitor. / Jeongbin Lee, Jaeshin Yi, Daeyong Kim, Chee Burm Shin, Kyung-Seok Min Jongrak Choi and Ha-Young Lee // Energies. – 2014. – Vol. 7. – P. 8264–8278.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

А. С. Ногай¹, О. М. Қабылбекова², Д. Е. Ускенбаев¹, Е. Б. Айнақұлов¹, А. А. Ногай¹, Б. Б. Исабекова³, Д. К. Жақсыбаева¹

Гибридті электр жетектерінің оңтайлы режимдерін іздеу

¹С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.;

²Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.;

³Павлодар мемлекеттік педагогикалық институты, Павлодар қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. S. Nogay¹, O. M. Kabelbekova², D. E. Uskenbaev¹, E. B. Ainakulov¹, A. A. Nogay¹, B. B. Issabekova³, D. K. Zhaksybayeva¹

The search for optimal modes of operation of hybrid power storage devices

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana;

²L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana;

³Pavlodar State Pedagogical Institute, Pavlodar.

Material received on 18.09.17.

Жұмыста аккумулятор мен супер конденсаторлар негізінде автономды жинақтаушы электр энергиясын сақтау құрылғыларының зерттеу нәтижелері ұсынылды. Электр энергияны жинақтаушы құрылғылардың баламалы сұлбаларының түрлі нұсқаларын жүзеге асыра отырып, ерекшеліктері модельдеу арқылы зерттелді. Электр энергияны жинақтаушы гибриді жетектерінің оңтайлы режимдері, сондай-ақ жинақтаушы сызбалардың параметр элементтері анықталған, бұлардың арқасында жұмыстың тиімділігін жетеді.

The paper presents the results of the study of autonomous power storage devices based on accumulators and supercapacitors. The characteristics of various variants of equivalent circuits of power storage devices by modeling were studied. Optimal modes of operation of hybrid power storage devices have been established, and the parameters of

circuit elements of such drives have been identified, in which the maximum efficiency of operation is achieved.

УДК 697.343

Е. В. Приходько¹, К. М. Абдрахманова², Г. Б. Есембеков²

¹к.т.н, профессор; ²магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: john1380@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ИХ РАБОТЫ

В настоящей статье проводится анализ справочных и действительных коэффициентов, характеризующих гидравлические и тепловые режимы работы тепловых сетей.

Ключевые слова: гидравлические режимы, коэффициент теплопроводности, местные сопротивления.

ВВЕДЕНИЕ

Расчёты тепловых и гидравлических режимов тепловых сетей опираются на справочные данные. Среди таких величин важными являются: коэффициент теплопроводности – для тепловых режимов; коэффициент гидравлического сопротивления и шероховатости – для гидравлических. Данные, по этим величинам, которые приводятся в справочниках, не имеют зависимости от условий эксплуатации. То есть, коэффициент шероховатости приводится в таблицах в зависимости только от материала трубопровода. При этом условия эксплуатации абсолютно не учитываются.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим основные причины, вызывающие изменение вышеупомянутых коэффициентов для гидравлических и тепловых режимов. Во-первых, широкий спектр выпускаемых промышленностью труб, фитингов, запорной арматуры, а также теплоизоляции порой не позволяет точно определить свойства применяемого изделия. Прилагаемые паспорта на продукцию очень часто либо не имеют ряда необходимых характеристик, либо имеют их со значительным разбросом значений.

Так, например, в [1] коэффициент теплопроводности минераловатных прошивных матов составляет от 0,041 до 0,032, т.е. на отличается 22 %. При этом, в документации не объясняется в каких случаях брать какое значение. Кроме этого, в приведённой таблице, под общим названием материала понимают целый спектр теплоизоляционных матов: на тканевой основе, сетке (в том числе и металлической), холсте из стекловолокна с разными температурами применения, но с одинаковым пределом значений коэффициента теплопроводности.

Аналогично для гидравлических режимов, – значение местных сопротивлений для различных фитингов порой принимается по принципу «значение коэффициента схожего оборудования».

Во-вторых, эксплуатационные условия. Данный пункт можно разделить на две составляющих: эксплуатационные условия, влияющие на свойства в процессе действия этих условий и условия, вызывающие изменение свойств применяемых материалов. Рассмотрим это на примере влияния влажности на теплопроводность изоляции. При намокании изоляции коэффициент её теплопроводности увеличивается, но после высыхания принимает прежние значения. Подобное наблюдается и при влажном воздухе, окружающем трубопровод: коэффициент теплоотдачи «восстанавливается» после просушки канала, в котором располагается трубопровод.

В-третьих, условия монтажа. Важным моментом расчётной работы тепловых сетей (как при гидравлических, так и при тепловых режимах) является технически грамотный монтаж составных частей оборудования. В отношении гидравлических режимов можно привести следующие составляющие некачественного монтажа, влияющие на гидравлические режимы:

- наплывы сварочного шва на внутреннем стыке соединяемых трубопроводов;
- непровары сварочного шва на внутреннем стыке соединяемых трубопроводов;
- несоосность соединяемых трубопроводов;
- некачественно изготовленные или установленные прокладки на запорной арматуре;

Для теплоизоляции наиболее характерны следующие ошибки монтажа:

- уплотнение теплоизоляции про монтаже (хомутами, корпусом и др.);
- неравномерная толщина теплоизоляции по площади трубопровода;
- значительная ширина стыков между частями теплоизоляции.

Рассмотрим влияние изменения свойств материалов тепловых сетей на режимы работы. При тепловых режимах неправильно выбранный

коэффициент теплопроводности будет влиять на расчёт толщины теплоизоляции.

Расчет толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока – для однослойных конструкций выполняется по следующим формулам. Для плоских и цилиндрических поверхностей с диаметром 1,4 м и более используется формула:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left[\frac{K \cdot (t_{в} - t_{н})}{q_F} - R_n \right],$$

где $t_{н}$ – температура наружной стенки изоляции, °C;
 $t_{в}$ – температура внутренней стенки изоляции, °C;
 R_n – термическое сопротивление тепловой изоляции, °C/(Вт/м);
 $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/(м°C);
 q_F – плотность теплового потока через изоляцию, Вт/м².

То есть, расчётная толщина теплоизоляционного слоя прямопропорционально зависит от коэффициента теплопроводности, который, в свою очередь, во многом определяется эксплуатационными условиями.

Теплопотери теплоизолированным трубопроводом при бесканальной прокладке в грунте, отнесенные к 1 м длины трубопровода, Вт/м, рассчитываются как теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку [2]:

$$Q = \frac{t_{в} - t_{н}}{\sum \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{4 \cdot d_n}{d_e} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гп}} \cdot \ln \frac{4 \cdot h_{эк}}{d_n}},$$

где $t_{н}$ – температура наружного воздуха, °C;
 $R_{гп}$ – термическое сопротивление грунта, включая внешнее термическое сопротивление от грунта к воздуху, °C/(Вт/м);
 $\lambda_{гп}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м°C);
 d_n – наружный диаметр теплоизоляционной конструкции, м.
 α – коэффициент теплоотдачи от поверхности земли к воздуху, Вт/(м°C);
 λ/α – эквивалентная толщина слоя грунта, заменяющего внешнее термическое сопротивление массива, м.

Таким образом, и действительные потери тепловых сетей во многом определяются коэффициентом теплопроводности.

В [3] приводятся данные по обследованию тепловых сетей сети г. Мариинска (Кемеровская область). Общую длину тепловой сети

разбили на тридцать участков практически одинаковой длины и составили характеристики этих участков (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики участков тепловой сети

№ п/п	Условия эксплуатации и состояние изоляции	Номера участков
1	Влажный воздух в канале	1, 2, 5, 20, 22
2	Деформация изоляции	3, 12
3	Увлажнение изоляции 100 %	4, 11, 17, 21
4	Проектные условия	6, 7, 8, 13, 23, 24, 27, 30
5	Разрушение изоляции на 50 %	9
6	Отсутствие изоляции	10, 14, 16, 19, 26
7	Увлажнение изоляции 40 %	15
8	Увлажнение изоляции 60 %	25
9	Увлажнение изоляции 80 %	18, 28
10	Увлажнение изоляции 50 %	29

Таким образом, нерасчётные свойства изоляции, появившиеся в результате эксплуатации, в значительной степени влияющие на тепловые потери имеют место на 73 % длины рассматриваемых тепловых сетей.

В [4] приводятся данные об изменении коэффициента теплопроводности в зависимости от степени сжатия. Так, например, сжатие минеральной ваты на 50 % вызывает увеличение коэффициента теплопроводности с 0,09 Вт/(м·°C) до 0,12 Вт/(м·°C), т.е. на 33 %, что в конечном итоге приводит к росту тепловых потерь в 1,26 раза.

Для анализа действительных гидравлических сопротивлений в тепловых сетях представим результаты работы [5]. При расчёте трубопроводов тепловых сетей коэффициент местных потерь определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{l_3}{l_{гч}} = \frac{\sum \xi \cdot d}{\lambda \cdot l_{гч}}$$

Из формулы следует, что величина местных сопротивлений зависит от длины участка, его диаметра и суммы коэффициентов местных сопротивлений, которые определяются конфигурацией сети. Очевидно, что значение α увеличивается при уменьшении длины участка и увеличении диаметра. С целью определения фактических коэффициентов местных потерь α , были рассмотрены существующие проекты водяных тепловых сетей промышленных предприятий различного назначения [5]. Располагая

бланками гидравлического расчета, для каждого участка определялся коэффициент α . Отдельно по магистрали и ответвлениям находились средневзвешенные значения коэффициента местных потерь для каждой сети.

Минимальное фактическое значение $\alpha = 0,113$, максимальное 0,292, а среднее значение по всем схемам составляет 0,19. Минимальное значение α по ответвлениям 0,118, максимальное 0,377, а среднее значение по всем схемам составляет 0,231.

Сопоставляя полученные данные с рекомендуемыми, можно сделать следующие выводы. Согласно справочным данным для рассмотренных схем значение $\alpha = 0,3$ для магистралей и $\alpha = 0,3$ и 0,4 для ответвлений, а средние фактические составляют 0,19 и 0,231, что несколько меньше рекомендуемых. Таким образом, справочные данные по коэффициентам местных сопротивлений являются слегка завышенными относительно действительных значений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, справочные данные по тепловой и гидравлической работе тепловых сетей в значительной степени отличаются от действительных значений. Учёт влияния эксплуатации на изменение соответствующих коэффициентов необходим, так как недооценка или переоценка этих значений приводит к дополнительным потерям энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <http://ostroymaterialah.ru/izolyaciya/raschet-tolshhiny-izolyacii-truboprovodov.html>
- 2 МДС 41–7.2004. Методика оценки влияния влажности на эффективность теплоизоляции оборудования и трубопроводов.
- 3 **Первовский, Ю. А., Анподистов, О. В.** Гидравлический расчет в тепловых сетях // Новости теплоснабжения. – №01. – 2004. – С. 23–28.
- 4 **Кинжибекова, А. К.** Зависимость тепловых потерь котла БКЗ–75–39 от теплофизических и конструктивных параметров футеровки // Тезисы докл. VIII Всероссийской конференции молодых ученых. – Новосибирск, 2004. – 183 с.
- 5 **Ушаков, Д. В., Снисарь, Д. А., Китаев, Д. Н.** Определение коэффициентов местных потерь в тепловых сетях промпредприятий // Молодой учёный. – 2017. – № 6. – С. 95–98.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Е. В. Приходько, К. М. Абдрахманова, Г. Б. Есембеков

Жылу жүйелерінің материалдарының қасиеттерінің өзгеруі олардың гидравликалық және жылулық режимдерінің жұмысына әсері

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

E. V. Prihod'ko, K. M. Abdrahmanova, G. B. Esembekov

Influence of changes in the properties of heat network materials on the hydraulic and thermal modes of their operation

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar
Material received on 18.09.17.

Бұл мақалада жылу жүйелерінің гидравликалық және жылулық режимдерінің жұмысын сипаттайтын анықтамалық және жарамды коэффициенттерінің анализі көрсетілген.

In this paper, there is given the analysis of reference and actual coefficients characterizing the hydraulic and thermal modes of operation of heat networks.

В. В. Рындин¹, Ж. К. Каукенова², С. Б. Тулеубаев²

¹к.т.н., профессор; ²магистранты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

e-mail: ²zhanar_k.a@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА МТБЭ В КАЗАХСТАНЕ И ЗА РУБЕЖОМ

Дана оценка преимуществ и недостатков использования МТБЭ в качестве антидетонационной добавки к бензину. Проведен анализ производства и спроса МТБЭ в Казахстане, а также в зарубежных странах.

Ключевые слова: МТБЭ (метил-трет-бутиловый эфир), ЭТБЭ (этил-трет-бутиловый эфир), МТАЭ (метил-трет-амилового эфира).

ВВЕДЕНИЕ

Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) – эффективный нетоксичный высокооктановый компонент, добавляемый к бензину. Применение МТБЭ позволяет производить высокооктановый бензин на основе широкой гаммы базового бензина. Первоначальная цель внедрения МТБЭ – исключение тетраэтилсвинца как добавки к бензину.

Введение МТБЭ в бензин в количестве 10–15 % существенно повышает детонационную стойкость бензинов, а также улучшает экономические и мощностные характеристики двигателей, снижает количество вредных выбросов (оксида углерода на 15–30 %, углеводородов на 7–8 %). МТБЭ особенно эффективен для прямогонных бензинов и бензинов каталитического крекинга.

В настоящее время МТБЭ является основной высокооктановой добавкой в мире.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Производство МТБЭ в Казахстане. Завод ТОО «Компания Нефтехим LTD» в Казахстане введен в эксплуатацию в 2009 году. На сегодняшний день предприятие «Нефтехим LTD» – единственный в Казахстане производитель МТБЭ, а также порошкового и гранулированного полипропиленов. Компания является экспортноориентированной и поставляет свою продукцию в Россию, Турцию, Украину, Китай и Западную Европу.

Казахстанский МТБЭ является качественным продуктом. Благодаря этой добавке казахстанские нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) могут производить больше высококачественного бензина с октановым числом не ниже 95. Наличие в присадке кислорода улучшает процесс сгорания топлива в двигателе, повышает его экономичность и снижает вредные выхлопы.

В перспективах предприятия входит улучшение технологии – зарубежные специалисты предложили современные процессы непрерывного производства и увеличить производительность МТБЭ до 30 тыс. тонн в год.

Модернизация Павлодарского нефтехимического завода (ПНХЗ) позволит довести глубину переработки до мировых стандартов, т.е. до 95 %, и это улучшит качество производимых бензинов. Получив этанол от Кокшетауского биохимического завода в дополнение к сжиженному газу от ПНХЗ, мы приступаем к производству ЭТБЭ (этил-трет-бутиловый эфир), что позволяет обеспечить выпуск высокооктановых бензинов стандарта Евро-5.

Производство МТБЭ в России. В настоящее время на территории России используются технологии производства МТБЭ разработанные в ОАО НИИ «Ярсинтез» (ранее НИИМСК) г. Ярославль. Технология Ярсинтеза, в различных вариантах, используется на 10 действующих производствах в России. ОАО НИИ «Ярсинтез» занимается технологией получения высокооктановых эфирных компонентов бензинов с 1973 г. За это время разработано несколько технологий получения таких высокооктановых компонентов как МТБЭ, МТАЭ/ТАМЭ (метил-трет-амиловый эфир / трет-амил-метилловый эфир), ЭТБЭ и других эфиров.

Для получения высокооктановых эфиров ОАО НИИ «Ярсинтез» может предложить несколько вариантов технологических схем, учитывающих используемое сырье, требования к продукции и взаимосвязь с другими производствами. В том числе рекомендуется наиболее совершенная в мире технология с использованием принципа «каталитической дистилляции», позволяющая иметь максимальную производительность и эффективность. В таблице 1 приведены характеристики предприятий РФ по производству МТБЭ.

Таблица 1 – Предприятия по производству МТБЭ в России

Предприятие	Проектная мощность, тыс. тонн /год	Источник сырья
ООО «Тольяттикаучук», г. Самара	75	Дегидрирование изобутана
ОАО «Уралоргсинтез», г. Чайковский	90	Пиролиз / дегидрирование изобутана

ООО «Тобольскнефтехим», г. Тобольск	100	Дегидрирование изобутана
ОАО «Сибурхимпром», г. Пермь	25	Пиролиз
ОАО «Стерлитамакский нефтехимический завод», г. Стерлитамак	36	Крекинг
ОАО «Нижекамскнефтехим», г. Нижнекамск	90	Пиролиз / дегидрирование изобутана
ООО Группа компаний «Титан»	300	Пиролиз / дегидрирование изобутана
ОАО «Омский каучук», г. Омск	35	Каталитический крекинг
«Славнефть- Ярославнефтеоргсинтез», г. Ярославль	35	Каталитический крекинг
ЗАО «Коримос», г. Москва	25	Каталитический крекинг
ОАО «Каучук», г. Волжский	135	Дегидрирование изобутана

Сырьевая проблема существует для перспективного развития производства МТБЭ, свободных ресурсов сырья сейчас нет. Реальное увеличение сырьевой базы для МТБЭ произойдет, если компании-владельцы НПЗ будут стремиться увеличивать степень переработки нефти, строить вторичные процессы, в т. ч. и каталитический крекинг. С другой стороны, имеется значительное количество ресурсов для производства МТАЭ – гомолога МТБЭ. Ресурсы по изоамиленам очень значительны. Потенциал по производству МТАЭ по объему равен производству МТБЭ.

В мире давно признано и доказано, что МТБЭ является наиболее эффективной высокооктановой добавкой (суммарно по всем показателям). Использование других добавок возможно (метиланилин), но есть проблемы выбросов. Какие-то другие могут использоваться или в малых масштабах (имеющиеся побочные продукты, не производимые специально), или (в России) от жадности и бесконтрольности. Имеет смысл говорить о вовлечении содобавок (например, метиланилина к МТБЭ), что может быть разумным ввиду существенного снижения содержания МА в бензине. Использование толуола (как, впрочем, и др. ароматики) возможно, но

существуют ограничения на содержание ароматики в бензине, причем с каждым Евро (имеется в виду нормы качества бензина) они существенно ужесточаются. Это связано с высоким содержанием СО и СН в продуктах сгорания.

Озвучено желание (на перспективу) организации 4–5 новых производств МТБЭ/ЭТБЭ, мощностью 30–40 т/год каждое.

Потребление и производство МТБЭ в России будет расти, пока есть рост доли высокооктановых бензинов, а автопарк переходит на высокооктановые бензины. Предстоит ограничение на 80-ый бензин и наблюдается рост потребления 95 и 98.

Согласно расчетам, производство МТБЭ в России в 2009 году составило около 700 тыс. тонн, потребление для российского производства бензинов – около 500 тыс. тонн. Экспорт МТБЭ в 2009 году составил 200 тыс. тонн, из которых 75 тыс. тонн приходится на Украину.

МТБЭ в дальнем зарубежье. В ряде штатов США, начиная с 2006 года запретили использовать МТБЭ (Закон S.2962), из-за его воздействия на экологию – в частности, «обнаружения в питьевой воде» (статья в СМИ «Калифорнийский вкус»). Этому опыту последовала и Канада и некоторые европейские страны (Скандинавия). Тем не менее в США в 2009 году было выпущено 2,36 млн. тонн МТБЭ, весь объем которого был экспортирован в Мексику, Венесуэлу, Чили и другие государства.

Но проблема выглядит несколько иначе, нежели представляется в глазах общественности. Дело в том, что попадание МТБЭ в грунтовые воды в Калифорнии и его обнаружение в питьевой воде, имеет место из-за использования в США подземных хранилищ (откуда, возможно, и происходили утечки). В Европе же подобного опыта нет (нет подземных хранилищ МТБЭ).

Стремление Америки и Евросоюза к «более экологичным» добавкам», скорее, связано с тенденцией внедрения возобновляемых источников сырья, в частности, для получения этилового спирта (на основе которого и вырабатывают ЭТБЭ). Переход на пищевое сырье и внедрение биотоплив в мировой практике считается мощным стимулом для развития сельского хозяйства. На эти цели в Америке и Европе выделяются крупные государственные дотации. Поскольку использование топливных добавок в виде этилового спирта связано с различными техническими проблемами (проблема фазовой стабильности), более эффективным решением считается введение в бензины ЭТБЭ (вместо МТБЭ).

Согласно исследованию Академии конъюнктуры промышленных рынков, мощности по производству МТБЭ в Европе (включая Украину) в настоящее время составляют почти 2,8 млн. тонн, однако новые мощности

в последнее время не вводились, а их загрузка снижается, что во многом связано с ростом использования ЭТБЭ.

Наибольшие мощности по МТБЭ сосредоточены в Голландии (LyondellBasell), Франции (Exxon), а по ЭТБЭ – во Франции (Total), Испании (Repsol YPE) и Германии (PCK). МТАЭ производят в трех странах – Германии (PCK), Италии (Saras) и Финляндии (NesteOil). Несмотря на то, что доля МТБЭ в совокупном использовании в Европе снижается, эта высокооктановая добавка остается в настоящее время наиболее распространенной. Наибольшие мощности по ее производству расположены в Голландии, Германии и Великобритании. На эти три страны приходится более половины от совокупных европейских мощностей по производству данной добавки. Крупные мощности находятся также в Бельгии (Exxon Mobil Antwerp Refinery, Total Antwerp Refinery), Румынии (Petrotel Lukoil Ploiesti Refinery, RAFO Onesti Refinery, Arpechim Pitesti Refinery) и Италии (Raffineriadi Gela, Raffineriadi Milazzo, ERG Raffinerie Mediterranee ISAB, Priolo, Eni Division of Refining & Marketing, Sannazzaro).

В настоящее время в Европе и мире не существует практики учета коэффициента-фактора между ценой ЭТБЭ и бензина. Вместе с тем, такой коэффициент был бы весьма актуален и имеет практическую ценность, поскольку профильные министры 27 стран-членов Евросоюза в Брюсселе достигли согласия касательно предложения Еврокомиссии об увеличении доли возобновляемых источников энергии в общей структуре энергопотребления в ЕС (так называемый «План 20-20-20»). Исполнительная власть ЕС предложила членам этой региональной организации довести к 2020 году до 20 % долю возобновляемых источников энергии, сократить на 20 % к уровню 1990 года объемы вредных выбросов в атмосферу и на 20 % снизить общие энергозатраты.

Указанный план означает для стран Евросоюза постепенное уменьшение использования МТБЭ и переход на ЭТБЭ. Как уже отмечалось, такой переход на ЭТБЭ также планируется на заводе ТОО «Компания НефтехимLTD».

ВЫВОДЫ

На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1 Преимуществом МТБЭ является доступность сырья, экономичность и налаженное производство его в мире, а недостатком является отравление подземных вод при его хранении.

2 Несмотря на то, что доля МТБЭ в совокупном использовании в Европе и в США снижается, эта высокооктановая добавка остается в настоящее время наиболее распространенной.

3 В краткосрочной перспективе не ожидается большого роста производства МТБЭ, а в среднесрочной – ускоренный темп перехода на ЭТБЭ и этанол.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ахметов, С. А.** Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа [Текст] : учебник / С. А. Ахметов, Т. Р. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов – СПб. : ООО ДизайнПолиграф Сервис, 2006. – 692 с. :ил. ISBN.

2 Европейский рынок добавок к бензинам: этанол, МТБЭ и ЭТБЭ. [Электронный ресурс]. – <http://www.samoupravlenie.ru/41-10.php>.

3 Анализ и перспективы производства МТБЭ на НПЗ. [Электронный ресурс]. – <http://www.bestreferat.ru/referat-217361.html>.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

В. В. Рындин, Ж. К. Кауменова, С. Б. Тулеубаев

МТБЭ-ні Қазақстанда және шетелдерде өндірудің салыстырмалы талдауы

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

V. V. Rindin, Zh. K. Kaukenova, S. B. Tuleubayev

A comparative analysis of the production of MTBE in Kazakhstan and abroad

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Осы мақалада автор Қазақстандағы және шетелдік елдерде МТБЭ өндірісінің салыстырмалы талдауы жүргізеді.

In this article the author conducts a comparative analysis of MTBE production in Kazakhstan and foreign countries.

**М. А. Сулейменов¹, М. А. Елубай², Д. Т. Толегенов³,
А. Солтанхан⁴, Д. Ж. Жаркенова⁵**

¹д.х.н., профессор; ²к.х.н., доцент; ³преподаватель; ^{4,5}магистранты,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар

e-mail: ²madik_chimik@mail.ru; ³www.dika-92@mail.ru; ⁴sultan_xim@mail.ru;

⁵Diana_doni@mail.ru

БЕЗОТХОДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРЕРАБОТКА ШИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОБУВНОГО КРЕМА

В данной статье рассматриваются условия для безотходного производства и переработки автомобильных шин для получения обувного крема а также рассмотрены современные методы переработки автомобильных шин.

Ключевые слова: обувной крем, автомобильные шины, резина, топливо, экология, пиролиз, предпринимательство.

ВВЕДЕНИЕ

Утилизация и переработка шин в современном мире, где число автомобилей неуклонно растет, приобретает большое экологическое и экономическое значение для всех развитых и развивающихся стран мира. Изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды. В дополнении отмечается тот факт, что резина огнеопасна и не подвергается системному биологическому разложению в естественной природной среде. При определенных обстоятельствах резина-технические отходы также порождают антисанитарную обстановку.

В системе функционирования современной промышленности переработка автомобильных шин имеет предпочтительный характер, так как до 80 % мирового запаса шин созданы из синтетического каучука, который получают из нефти – невозобновляемый природный ресурс. Современные технологии переработки и утилизации шин имеют важное экономическое значение, так они способствуют сохранению природных запасов нефтехимического сырья, стимулируют развитие ресурсосберегающих, менее затратных производственных технологий, а также улучшают экологическую обстановку и исключают утрату больших земельных площадей под складирование резиновых отходов.

Около половины использованных шин в мире, по состоянию на конец 1990 года сжигалось по старым технологиям.

На современном этапе в условиях развития современных химических технологий для утилизации автомобильных шин применяется такая актуальная технология, как – «пиролиз».

Переработка автошин методом пиролиза широко используется в европейских странах, поскольку помимо экологически чистой утилизации, данный тип переработки способен принести очень хорошую прибыль и дополнительный экономический эффект.

В промышленности зарубежных стран выделяют следующие преимущества пиролиза автомобильных шин:

– технологический процесс утилизации является безопасным с экологической точки зрения. В продуктах переработки отсутствуют высокотоксичные вещества;

– отсутствие отходов при производстве. Все основные и побочные компоненты, которые рассматриваются как результат производственного процесса являются ликвидным продуктом;

– производственно-технологический процесс не требует значительных энергозатрат и очень экономичен;

– имеется возможность использования получаемого от переработки резины топлива, для внутренних технологических процессов.

В Республике Казахстане в нефтехимической промышленности на современном этапе технологии пиролиза не используются, соответственно нет соответствующего исходного сырья для производства сопутствующей продукции, включая обувного крема.

Единственным в Казахстане крупным предприятием по переработке автомобильных шин является предприятие ТОО «KAZAKHSTAN RUBBER RECYCLING», которое производит резиновую крошку.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основным видом выпускаемой продукции будет являться обувной крем. На первоначальном этапе крем будет производиться в черном цвете и будет предназначен для защиты обуви от внешней агрессивной окружающей среды и для косметической покраски обуви.

В перспективе в целях развития производственных процессов для выпускаемой продукции будет определен бренд, марка.

В рамках настоящего бизнес-проекта предполагается реализация предпринимательской идеи по созданию инновационного малого предприятия, производственные мощности которого будут ориентированы на выпуск импортозамещающей продукции – обувного крема в ассортименте и

номенклатуре. Выпуск продукции будет осуществлен на основе переработки отходов – автомобильных шин, а также по возможности прочих видов резина-технических изделий.

Генеральная цель проекта – создание в городе Павлодаре и регионе инновационных импортозамещающих производств в системе функционирования химической отрасли промышленности.

Потенциальными источниками инвестиций в бизнес-проект выступают:

- собственные средства;
- кредитные ресурсы, полученные по целевым программам государственной поддержки малого и среднего бизнеса в Республике Казахстан;
- привлеченные средства (финансовые ресурсы, полученные по грантовым программам).

Ориентировочная структура финансирования проекта представлена на рисунке 1.

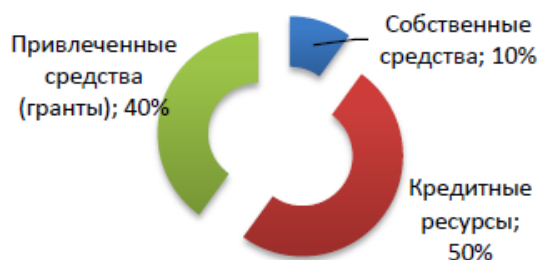


Рисунок 1 – Ориентировочная структура финансирования проекта по выпуску обувного крема

Также результирующими аспектами предпринимательской деятельности будет являться дополнительная продукция, часть из которой будет использоваться во внутренних производственно-технологических системах.

Основные виды плановой продукции представлены в рисунке 2.

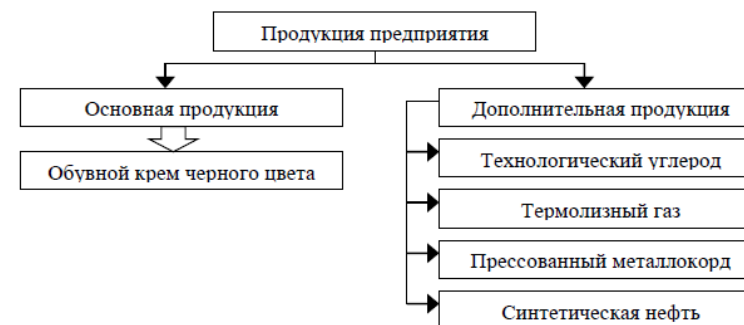


Рисунок 2 – Основные виды плановой продукции

Широкий спектр дополнительной продукции будет создавать условия для диверсификации предпринимательской деятельности.

В современных условиях существуют вариативные (выборочные) технологии переработки шин, такие как: водоструйный метод; бародеструкционный метод; механическое дробление; термический способ.

Общая характеристика современных технологий представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Общая характеристика современных технологий переработки шин

Наименование метода	Характеристика
Водоструйный метод	Технология представляет собой экологически чистый процесс. В специальной камере шина подвергается атаке струй воды под высоким давлением. Вода вырывает мелкие элементы резины, которые в последующем отделяются в специальном сепараторе. В результате получается крошка размером 0,05–1 мм. Энергозатраты составляют 1кВт/час на 1 кг. получаемой резины. Данная технология отличается высоким качеством получаемого продукта и не требует больших производственных площадей
Бародеструкционный способ	Данная технология предусматривает предварительное дробление шин на крупные элементы, которые в дальнейшем загружаются в специальную камеру, где под действием высокого давления и температуры резина подобно жидкости отжимается из металлокорда. Получаемая крошка имеет размеры до 0,8 мм. В рамках данной технологии полной очистки металлокорда достичь не удастся, поэтому следует предусматривать дополнительную очистку металлокорда или его утилизацию. Озонная технология считается одной из перспективных. После удаления бортового кольца шину режут на 4 части и помещают в специальную камеру, где подвергают воздействию озоносодержащего газа и одновременному механическому воздействию. В процессе обработки озон разрушает связи в резине, а механическое воздействие позволяет развиваться микротрещинам. В итоге резина просто осыпается с металлического каркаса. Получаемый порошок не слипается, а размер частиц не превышает 0,1–0,2 мм.

Механическое дробление	После удаления бортовых колец шину разрезают на 4 части и пропускают через специальные вальцы, разрушающие ее. Далее крупные элементы резинокордной конструкции дробят и отделяют резину от корда. Отделенную резину измельчают и получают крошку. Резиновая крошка используется для производства вторичных резинотехнических изделий (коврики, втулки, резиновая плитка). При данной технологии не удастся полностью очистить металлокорд, поэтому его вторичное использование в качестве лома черных металлов затруднительно, а иногда невозможно. В то же время одно из основных достоинств механического способа – низкая себестоимость
Термический способ (пиролиз)	Обработка шин высокой температурой сопряжена с необходимостью приобретения дорогостоящего оборудования. Результатом технологического процесса является разложение резины на составляющие. Газ, получаемый в процессе пиролиза, используется здесь же. Система полностью замкнута, и вредных выбросов в атмосферу нет. Энергетический баланс позволяет создавать на базе предприятия новые производства и снабжать тепловой энергией местных потребителей.

В рамках рассматриваемого проекта будет применяться технология – пиролиза.

Пиролиз позволяет разложить покрышки на составляющие компоненты, каждый из которых можно использовать в определенных производственно-предпринимательских целях.

В результате пиролиза резины будут получены следующие компоненты:

- технический углерод, который используется в качестве наполнителя в производстве неответственных резин, транспортерных лент, технических пластин, и многого другого. Так же он является пигментом для производства красящих компонентов. Технический углерод более низкого качества широко используется в строительстве (из него делается тротуарная плитка, бетонные изделия и кирпич);

- термолизный газ, который является аналогом природного газа. Данный газ достаточно чистый, и может свободно использоваться на мини-котельных для получения тепло и электроэнергии;

- прессованный металлокорд, используемый для нужд металлургической промышленности. Он может реализовываться как металлолом, так и как вязальная проволока (при условии его дополнительного обжига);

В общем виде технологический процесс производства продукции представлены в рисунке 3.

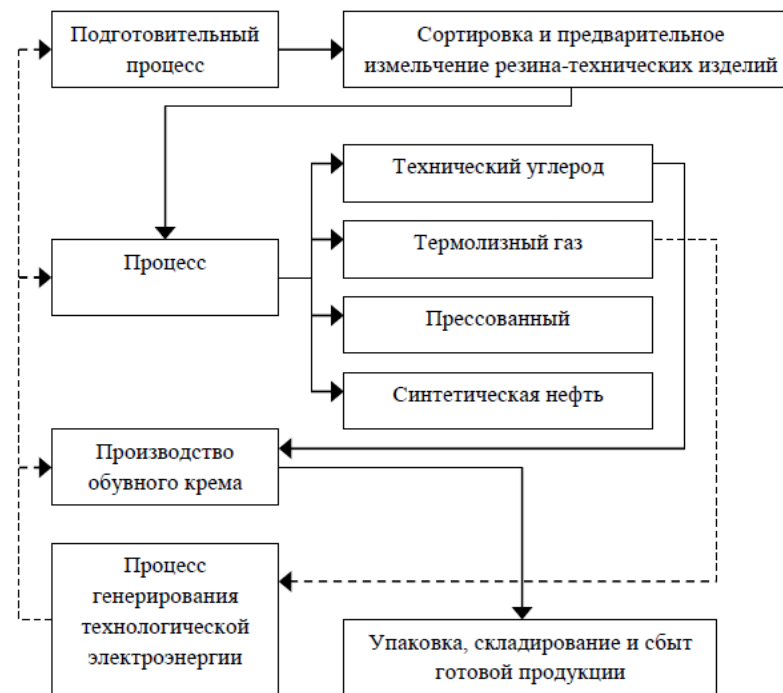


Рисунок 3 – Система организации производственно-технологического процесса

ВЫВОДЫ

Таким образом, система организации производственно-технологического процесса будет иметь высокий уровень экологической безопасности.

В процессе становления и развития предпринимательской деятельности на предприятии будет внедрена современная система экологического менеджмента ISO 14001.

В рамках технологических процессов и производственно-хозяйственной деятельности предприятия, внедрение системы менеджмента экологической безопасности будет иметь следующие целевые ориентиры:

- улучшение отношений государства и общества к предприятию и его руководству;
- улучшение экологической обстановки в регионе, снижение негативного воздействия факторов производства на природу и здоровье граждан;
- экономия ресурсов, направляемых на природоохранные мероприятия;

– оптимальное использование энергетических и материальных ресурсов предприятия;

– эффективное использование отходов предприятия и разработка специальных программ их переработки, в том числе использование их во вторичных производственных процессах;

– снижение затрат на выплату штрафов в связи с нарушением требований экологического законодательства.

В стратегической перспективе, с учетом самообеспечения предприятия энергоресурсами, на предприятии будет внедрена система энергетического менеджмента – ISO 50001.

Предметом энергетического менеджмента на предприятии будут выступать:

- энергоемкость производственно-технологических процессов;
- эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов;
- поддержка и стимулирование программ энергосбережения;
- планирование энергосбережения;
- реализация механизмов по использованию альтернативных источников энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ахметов, С. А.** Технология глубокой переработки нефти и газа – Уфа : «ГИЛЕМ», 2002. – 671 с.

2 **Ахметов, С. А.** Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред С. А. Ахметова. – СПб. : Недра, 2006. – 868 с.

3 <http://www.mayak.zp.ua>

4 **Данилов, А. М.** Применение присадок в топливах // Справочник ХИМИЗДАТ. – 2010.

5 **Маслова, И. П.** Химические добавки к полимерам // Справочник – М. : Химия, 1981.

6 Краткий справочник. Автомобильные масла. / Синельников А. Ф., Балабанов В. И. // изд. За рулем. – 2003. – С. 12–18.

7 <http://www.tkomplex.ru/ru/products/pirotex>

8 <http://www.tkomplex.ru/ru/price>

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

М. А. Сулейменов, М. А. Елубай, Д. Т. Төлегенов, А. Солтанхан, Д. Ж. Жаркенова

Қалдықсыз өндіру және аяқ киім кремін алуға шиналардың қайта өңдеуі

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

M. A. Suleimenov, M. A. Elybai, D. T. Tolegenov, A. Soltanhan, D. Zh. Zharkenova

Waste-free production and processing of tires for obtaining shoe cream

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Бұл мақалада аяқ киімнің кремдерін алу үшін автокөлік шиналарын қалдықсыз өндіру және өңдеу шарттары қарастырылып, автокөлік шиналарын өңдеудің заманауи әдістері қарастырылады.

In this article, conditions for non-waste production and processing of automobile tires for obtaining shoe creams are considered and modern methods of processing automobile tires are also considered.

О. М. Талипов

докторант, Павлодарский государственный университет имени
С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: talipov1980@mail.ru

ТОКОВЫЕ ЗАЩИТЫ БЕЗ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Рассмотрены токовые защиты получающие информацию о первичном токе от нетрадиционных датчиков, таких как катушки индуктивности (КИ), магнитные трансформаторы тока (МТТ), датчики Холла, катушки Роговского, герконы и др. Рассмотрены все достоинства и недостатки традиционных токовых защит на трансформаторах тока (ТА) и защит без ТА, сделаны выводы.

Ключевые слова: токовые защиты, трансформатор тока, преобразователи тока, геркон, катушка индуктивности.

ВВЕДЕНИЕ

В 2006 году на Международной конференции по большим энергетическим системам (CIGRE) проблема построения устройств РЗ без ТА была названа одной из первостепенных нерешенных задач электроэнергетики. Дело в том, что ТА металлоемки – могут весить до 120 кг и иметь недопустимые погрешности в переходных режимах и опасные напряжения на концах разомкнутой вторичной цепи. В предыдущие 50 лет предлагались варианты использования вместо ТА различных датчиков тока, таких как катушки индуктивности (КИ) [1], магнитные трансформаторы тока (МТТ) [2], датчики Холла [3], катушки Роговского [4], герконы [5–8] и др., но только МТТ были доведены до промышленного выпуска, который впоследствии был прекращен из-за ряда недостатков [2]. Рассмотрим эти предложения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Токовые защиты на магнитных трансформаторах тока

Магнитный трансформатор тока (МТТ) – преобразовывает создаваемое электромагнитное поле вокруг проводника с током в э.д.с. Этот проводник в [2] называется первичным проводом МТТ, а измеряемый в ней ток – первичным током МТТ. Основным элементом МТТ – это магнитный датчик, выполненный в виде проволочной обмотки намотанной на ферромагнитный сердечник, установленный на некотором расстоянии h от проводника с контролируемым током (рисунок 1 а) [2].

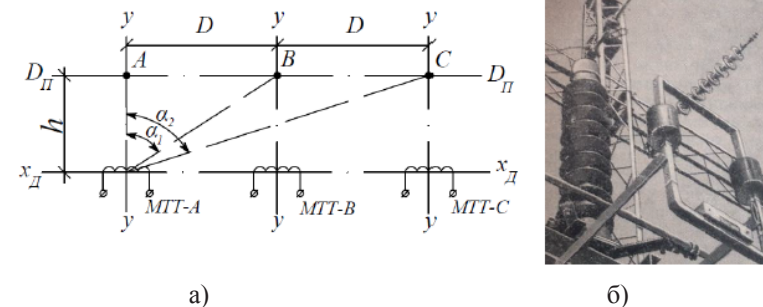


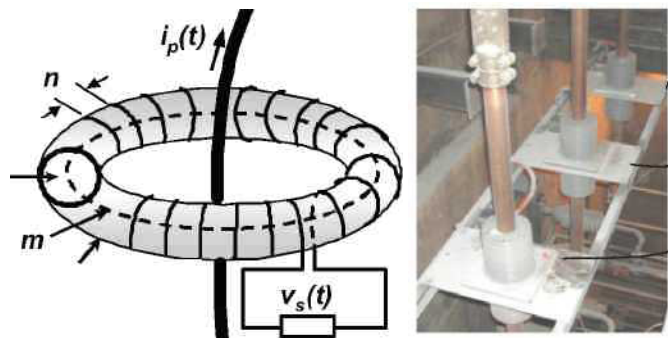
Рисунок 1, а – Расположение фазных МТТ в для линий 35–220 кВ;
б – Расположение установки ТВМ на стойке разъединителя.

На рисунке 1 а [2, 9] показано размещение магнитных датчиков относительно фазных проводов, расположенных в горизонтальной плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа. Их центры находятся на оси $D_{II} - D_{II}$. Магнитные трансформаторы тока расположены так, что их оси $x - x$ и $y - y$ находятся в плоскости чертежа, а оси $z - z$ перпендикулярны плоскости чертежа. Их центры находятся, как правило, на линии $x_D - x_D$, совпадающей с осями $x - x$ МТТ. Линия $x_D - x_D$ параллельна линии $D_{II} - D_{II}$ и находится от нее на расстоянии h , минимально необходимом по условиям изоляции МТТ от проводов линии. Устройство максимальной токовой защиты на МТТ МТЗ-М подробно описано в [9].

Недостатком защит на МТТ является малая выходная мощность самого датчика, и то что насыщение сердечника происходит при очень большой кратности первичного тока [2, 9], что ограничивает возможности использования данных защит, большие размеры датчика и вес, что ограничивает область их применения, наличие блока питания в схеме порождает необходимость в не зависимом источнике тока [2, 9, 10, 11].

Токовые защиты на катушках Роговского.

Стандартная катушка Роговского это провод, обмотанный вокруг немагнитного сердечника. Катушка размещается вокруг проводников, токи которых необходимо измерить (рисунок 3 а) [4]. На рисунке 3 б показаны катушки Роговского с неразборными сердечниками закрепленных на специальной раме вокруг шин трех фаз, состоящие из печатных плат (PCB) с отпечатанными в плате витками и проходных изоляторов [4].



а) б)
Рисунок 3 – Катушка Роговского

Катушка Роговского имеет ряд преимуществ перед ТТ, например выходной сигнал катушки имеет минимальное напряжение, которое безопасно, и это напряжение не увеличивается когда вторичная цепь размыкается, при этом ширина и масса катушки Роговского меньше, чем у ТТ. Катушка Роговского имеет такое же по размеру окно как и ТТ, но больший диапазон по току, она не насыщается, но точность измерения низка [4, 10, 11].

Токосые защиты на катушках индуктивности (индукционных датчиках).

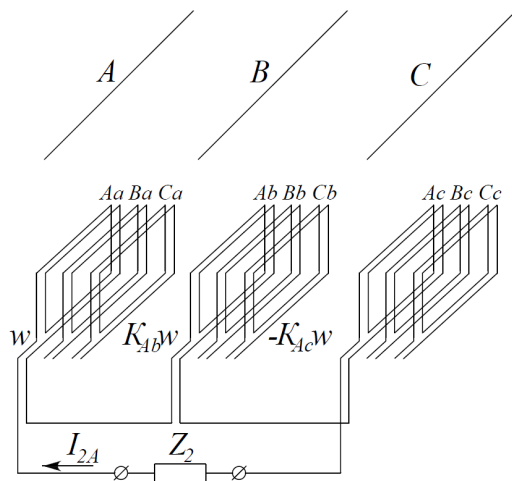


Рисунок 4 – Схема измерения токов в фазах линии на КИ

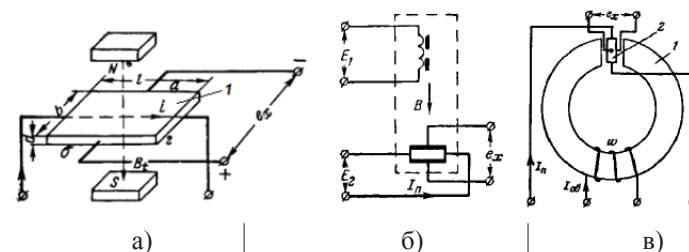
Вместо трансформаторов тока предлагаются индукционные датчики, отличающиеся наибольшей простотой выполнения, предназначенные для измерения величины тока в одной из фаз. Они подвержены влиянию токов от других фаз, в особенности на линиях 220 кв и более, требующих больших изоляционных расстояний. Поэтому в целях устранения этого влияния предлагается следующее устройство [1].

Для измерения тока каждой фазы одноцепной линии, например фазы А (рисунок 4) [1], на некотором, определяемом по условиям изоляции расстоянии от проводов А, В, С помещаются три катушки индуктивности, которые автор называет контурами Аа, Аb, Ас. Рамки соединяются между собою последовательно и включаются через усилитель или непосредственно на измерительный прибор или реле защиты. Соотношение чисел витков рамок и полярность их включения определяются на основании соображений, изложенных в [1].

Недостатком при осуществлении схемы измерения токов на КИ является влияние внешних магнитных полей, например, при наличии близко расположенных других линий, КИ необходимо экранировать, нет разработанных конструкций для крепления рамок (КИ) возле защищаемого элемента [1] и не дан выбор уставок срабатывания защиты.

Токосые защиты на элементах Холла.

Э.д.с. Холла возникает вследствие взаимодействия движущихся электронов с магнитным полем (рисунок 5 а) [3]. При этом электроны твердого тела, например полупроводниковой пластины *l* с электронной проводимостью, перемещаются в его кристаллической решетке под воздействием электрического поля. При показанных на рисунке 5 а направлениях тока *i* и магнитного поля *B_z* электроны отклоняются на боковую грань *a*, удлиненной полупроводниковой пластинки прямоугольной формы, и образуют на ней отрицательный заряд, при этом противоположная грань *б* заряжается положительно [3].



а) б) в)
Рисунок 5 – а – Расположение полупроводника в магнитном поле при наблюдении эффекта Холла; б – Принципиальная схема датчика Холла; в – Схема конструкции датчика Холла

К недостаткам использования датчиков Холла относятся необходимость в стабильном питании, сложность измерительных схем, высокая чувствительность к изменениям температуры, наличие остаточного напряжения, большой разброс параметров в пределах одной партии датчиков Холла, что вынуждает определять характеристики каждого датчика в отдельности и усложняет взаимозаменяемость [3, 10, 11].

Токвые защиты на магнитотранзисторах.

Как альтернатива ТТ предлагается магнитотранзисторный измерительный преобразователь тока в напряжение, для измерения тока в большом динамическом диапазоне с выдачей информации о токе в виде аналогового сигнала или цифрового кода, что особенно актуально для микропроцессорных релейных защит. Магнитотранзисторные преобразователи тока принципиально отличаются от электромагнитных измерительных преобразователей тока (ТТ, трансреакторов, индукционных датчиков тока и других) наличием чувствительного элемента (первичного преобразователя) – магнитотранзистора (МТ), выходной сигнал которого в широких пределах пропорционален не производной, а мгновенному значению магнитной индукции поля, созданного контролируемым током, и следовательно, мгновенному значению этого тока. Это свойство МТ и обеспечивает возможность одинаково успешного измерительного преобразования токов любого рода [12, 13].

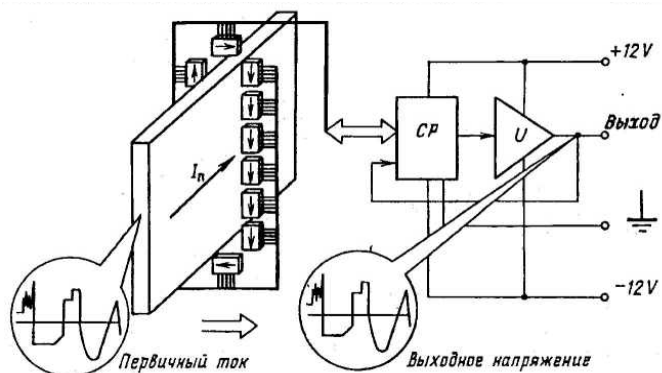


Рисунок 6 – Магнитотранзисторный преобразователь тока в напряжение

Отсутствие магнитопровода и обмоток в МТПТ значительно уменьшило его размеры и массу по сравнению с традиционными ТТ при одинаковых номинальных первичных токах и напряжениях. Кроме того, преобразователь может быть изготовлен разъемным, что позволяет легко и быстро

монтировать его в электроустановках, а также использовать в переносных измерительных устройствах. Однако МТПТ могут успешно конкурировать с традиционными ТТ только в тех случаях, когда не требуется большая выходная мощность, в других – предпочтение отдается ТТ [12]. Есть и другие недостатки: необходим источник питания постоянного тока, наличие шумов, зависимость параметров магнитотранзисторов от температуры, большое количество самих датчиков [10, 11, 12, 13].

Токвые защиты на герконах.

Геркон (герметизированный контакт) представляет собой электромеханическое коммутационное устройство, изменяющее состояние подключённой электрической цепи при воздействии внешнего магнитного поля. Геркон состоит из упругих ферромагнитных контактов, впаянных в герметичную стеклянную колбу. При увеличении внешнего магнитного поля свыше порогового упругие контакты геркона «слипаются», замыкая электрическую цепь. При уменьшении внешнего поля за счет упругости контактов происходит размыкание цепи.

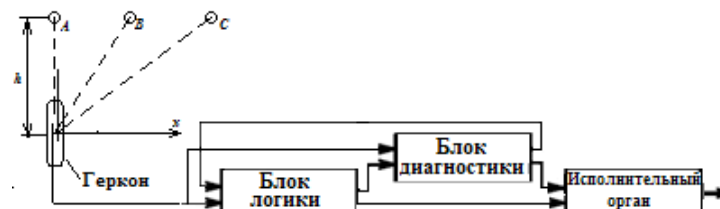


Рисунок 7 – Схема МТЗ на герконах

Герконы широко применяются в технике, но их свойства связанные со спецификой использования в РЗ в полной мере были исследованы в [14] (Клецель М.Я. и др.). Поскольку число КЗ в год на одной ЭУ не превышает 10, и в основном защиты имеют $I_{CЗ} > I_{РАБ.макс}$ геркон можно было бы использовать десятилетиями. Но так как на геркон под шинами защищаемой ЭУ (рисунок 7) в нормальном режиме работы постоянно действует МП, которое заставляет пластины герконы колебаться (хотя и без замыкания), что со временем вызывает изменение его параметров. Чтобы исключить последствия колебания пластин в течение, например, 10 лет непрерывной работы герконов до его замены, он должен иметь (считая для гарантии, что срабатывает каждую полуволну переменного тока, т.е. за год $3,2 \cdot 10^9$) ресурс срабатывания $P_{CP} = 3,2 \cdot 10^{10}$. Исходя из результатов экспериментов [14] можно использовать обычные герконы с $P_{CP} = 10^6$, если менять герконы каждые два-три года. В результате исследований выяснилось, что параметры

герконов при воздействии на них магнитных полей токами КЗ лежат в пределах, позволяющих использовать их для построения токовых защит, при необходимости можно увеличить чувствительность геркона в 8-10 раз [14].

Герконы имеют следующие преимущества перед рассмотренными выше датчиками тока: не нуждаются в усилителях для передачи сигнала и могут совмещать функции измерительного и аналого-дискретного преобразователей, не требуют специальных источников питания, большой срок службы при высокой надежности, малая мощность управления, высокие сопротивления изоляции и механическая устойчивость, большой диапазон рабочих температур, отсутствие гальванической связи между цепями управления и нагрузки, малая себестоимость, высокая устойчивость к кратковременным перегрузкам по току и напряжению, поэтому мы отдаем предпочтение построению простейших токовых защит на герконах [5, 15].

Вопросы построения токовых защит высоковольтных установок на герконах были рассмотрены в [15], геркон в таких защитах выполняет функции преобразователя тока и реле тока, срабатывает под действием магнитного поля, созданного токами в шинах электроустановок. Использование геркона в качестве реагирующего органа или коммутационного устройства позволяет в некоторых случаях улучшить характеристики защит и уменьшить затраты на материалы. Для высоковольтных установок предлагается устанавливать герконы на безопасном по технике безопасности расстоянии от шин фаз электроустановки. Также предлагается метод расчета токов срабатывания и способ уменьшения влияния помех, показывается возможность построения защит реагирующих на симметричные составляющие токов, и по чувствительности герконов определяется область возможного использования защит на герконах в высоковольтных установках без ТА [15].

В [16] были заложены основы для создания МТЗ на герконах, реагирующих на увеличение тока протекающего по защищаемому элементу. Рассмотрены выбор тока $I_{сз}$ срабатывания и рассмотрены вопросы настройки МТЗ на герконах. При этом ток $I_{сз}$ срабатывания и возврата $I_{вз}$ защиты и коэффициент K_q чувствительности, временные характеристики $t = f(I)$ остаются теми же, что и для МТЗ с ТА. При расчете $I_{сз}$ используется напряженность срабатывания $H_{ср}$, которая будет неизменной для определенного геркона. Рассмотрены режимы настройки МТЗ на герконах в зависимости от места установки геркона и вида КЗ на фазах линии. Также были рассмотрены вопросы влияния соседних электроустановок на изменение величины магнитного поля в точке установки геркона [16]. Далее был разработан способ настройки токовой защиты электроустановок на герконах [17], позволяющий повысить точность настройки токовой защиты на герконах, в результате которой уменьшаются повреждения при КЗ.

Исходя из того, что герконы должны срабатывать при КЗ, для выявления токов КЗ необходимо закрепить чувствительный элемент защиты – геркон в оптимальной точке, с учетом конструкции электроустановки, исполнения токоведущих частей, расположения шин фаз, выбора уставок и чувствительности [18]. Учитывая все эти факторы были необходимы конструкции для крепления герконов в электроустановках, вблизи токоведущих частей с учетом безопасного изоляционного расстояния согласно ПУЭ. Такие конструкции уже разработаны для комплектных распределительных устройств и закрытых токопроводов [6, 7]. Однако в разработанных схемах МТЗ на герконах нет диагностики исправности устройства. Нами предложено устройство [8] для токовой защиты электроустановки, в котором введен блок диагностики, выявляющий некоторые повреждения и сигнализирующий о них, тем самым повышая надежность работы устройства (рисунок 7). Однако опытный образец устройства не создан и не исследован.

ВЫВОДЫ

Среди магниточувствительных датчиков тока наиболее перспективным для использования в релейной защите являются герконы. Разработка токовых защит на герконах как альтернатива защитам с ТА актуальна. Нами разработаны конструкции для для крепления герконов в комплектных распределительных устройствах и закрытых токопроводах [6, 7, 18], разработан новый способ настройки токовой защиты электроустановок на герконах [17], предложено новое устройство для токовой защиты электроустановки [8], которое необходимо исследовать в лабораторных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Сирота, И. М.** Схемы индукционного измерения токов в трехфазных цепях высокого напряжения. // Электричество. – 1967. – № 4.
- 2 **Казанский, В. Е.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 240 с. – с ил.
- 3 **Кобус, А., Тушинский, Я.,** Датчики Холла и магниторезисторы. / Пер. с польск. В. И. Тихонова и К. Б. Макидонский, под ред. О. К. Хомерики, М. : «Энергия», 1971.
- 4 **Коджович, Л. А., Бишоп, М. Т.** Современная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского. Современные направления развития систем релейной защиты и автоматизации энергосистем: Сб. докл. Междунар. Научно-технич. конф. CIGRE (Москва, 7–10 сентября 2009). М. : Научно-инженерное информагентство. – С. 39–48.

5 **Клецель, М. Я.** Основы построения релейной защиты на герконах. // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем: Сб. докл. IV Междунар. Научно-технич. конф. CIGRE. – Екатеринбург. – 2013, 3–7 июня.

6 Инновационный патент РК, KZ 30577 A4, H02H 3/08, опубл. 16.11.2015. Устройство для крепления измерительных органов релейной защиты. Клецель М. Я., Бергузинов А. Н., Нефтисов А. В., Талипов О. М.

7 Патент 2584548 РФ, опубл. 20.05.2016., бюл. № 14. Устройство для максимальной токовой защиты электроустановок. Клецель М. Я., Бергузинов А. Н., Машрапов Б. Е., Талипов О. М.

8 Патент 2629958 РФ, опубл. 05.09.2017., бюл. № 25. Устройство для токовой защиты электроустановки. Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Калтаев А. Г., Барукин А. С., Талипов О. М.

9 **Кудрявцев, А. А., Кузнецов, А. П., Григорьев, Н. Г.** Максимальная токовая защита с магнитными трансформаторами тока. – М. : Энергоиздат. 1981. – 56 с. – ил.

10 **Новожилов, Т. А., Новожилов, А. Н., Ляшков, А. А., Волгина, Е. М.** Измерение переменного тока в проводнике для нужд релейной защиты. // Омский научный вестник, 2016. – № 3. – С. 67–73.

11 **Лебедев, В. Д., Филатова, Г. А., Нестерихин, А. Е.** Измерительные преобразователи тока для цифровых устройств релейной защиты и автоматики. // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем : Сб. докл. IV Междунар. Научно-технич. конф. CIGRE. – Екатеринбург. – 2013, 3–7 июня.

12 **Гречухин, В. Н., Нуждин, В. Н., Глускина, В. В., Новожилов, И. А., Дмитриев, К. С.** Опыт разработки преобразователей тока в напряжение на магнитотранзисторах для устройств релейной защиты и измерения // Энергетик. – 1997. – № 6. – С. 14–16.

13 **Егназарян, Г. А.** Магнитодиоды, магнитотранзисторы и их применение / Г. А. Егназарян, В. И. Стафеев. – М. : Радио и связь, 1987. – 88 с.

14 **Клецель, М. Я., Алишев, Ж. Р., Мануковский, А. В., Мусин, В. В.** Свойства герконов, применяемых в релейной защите. // Электричество. – 1993. – № 9. – С. 18–21.

15 **Клецель, М. Я., Мусин, В. В.** О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформаторов тока // Электротехника. – 1987. – № 4. – С. 11–13.

16 **Клецель, М. Я., Мусин, В. В.** Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах. // Промышленная энергетика. – 1990. – № 4. – С. 32–36.

17 Патент РК, KZ В 32310, H02H 3/08, опубл. 15.08.2017, бюл. № 15. Способ настройки токовой защиты электроустановок на герконах. Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Талипов О. М.

18 Инновационный патент 30578, Республика Казахстан, МПК7 H02H 3/08. Устройство для крепления герконов в отсеках комплектных распределительных устройств / М. Я. Клецель, А. Н. Бергузинов, Б. Е. Машрапов, О. М. Талипов ; заявитель и патентообладатель «Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова» ; – № 2014/1780.1 ; заявл. 02.12.2014 ; опубл. 16.11.2015, бюл. № 11. – 4 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

О. М. Талипов

Ток трансформаторларсыз тоқтық қорғаулар

С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 18.09.17 баспаға түсті.

O. M. Talipov

Overcurrent protection without current transformers

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar. Material received on 18.09.17.

Дәстүрлі емес датчиктер арқылы бастанқы тоқ туралы ақпаратты алатын тоқтық қорғаулар қаралады, мысалы индуктивтілік катушкалар (КИ), магнитті тоқ трансформаторлары (МТТ), Холл датчиктері, Роговский катушкалары, геркондар және т. б. Тоқ трансформаторларында (ТА) дәстүрлі тоқ қорғаулар мен дәстүрлі емес қорғаулардың барлық артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылып, қорытындылар жасалды.

There is reviewed current protection' receiving information about the primary current from non-traditional sensors such as inductor (I), magnetic current transformers (MCT), Hall sensors, Rogowski coils, reed switches, etc. Also, there are considered all the advantages and disadvantages of the traditional overcurrent protection of the current transformers (CT) and protection without current transformers, conclusions are drawn.

Н. С. Мукимов¹, С. К. Садвакасова²

¹магистрант, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана;

²магистрант, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана

E-mail: baur_u@mail.ru

ПРОЕКТ ОПТИМИЗАЦИИ ТЭЦ-2 Г. АСТАНЫ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВНУТРИЦИКЛОВОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ПГУ

В данной статье рассмотрено технико-экономическое обоснование реконструкции ТЭЦ-2 на парогазовые установки с внутрицикловой газификацией угля в г. Астане, мощностью 345 МВт проектируется на основе программы развития электроэнергетики до 2050 года, которая является стратегической программой отрасли Республики Казахстан.

В наше время представляется возможным осуществление работы ПГУ не только на газе, но и на твердом топливе, таком как уголь. Результат исследований показало, что парогазовые установки являются более высокоэффективным решением для устранения загрязнений окружающей среды, чем на традиционных станциях. реконструкции. В статье рассмотрена реконструкция предложения по ТЭЦ-2 г. Астаны на парогазовые установки путем установки ГТ SGT-800 и котла утилизатора и выбора оптимального режима работы станции. Реконструкция предусматривает установку нового оборудования в пределах существующей площадки в части основного оборудования с максимальным сохранением существующих строительных конструкций.

Ключевые слова: источник тепла, газовая турбина, синтез-газ, внутрицикловая газификация угля, экибастузский уголь, паротурбинная установка, парогазовая установка.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире очень широко ведутся поиски новых эффективных путей использования угля в энергетических установках. Целю этих поисках являются разработка и освоение таких способов применения

технико-экономических показателей энергетических установок при одновременном уменьшении вредного воздействия на окружающую среду.

В настоящий момент основными источниками тепла и электроэнергии города Астаны являются ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. Основным источником системы централизованного теплоснабжения города является ТЭЦ-2, которая работает по наиболее экономичному теплофикационному циклу с дополнительной выработкой электроэнергии. ТЭЦ-1 занимает важное место в системе централизованного теплоснабжения, являясь пиковым и резервным источником тепловой энергии и основным распределительным пунктом. ТЭЦ-1 принимает тепло с ТЭЦ-2 и передает тепловую энергию потребителям по трем тепломагистралям. Суммарная тепловая мощность, вырабатываемая источниками, составляет – 1115 Гкал/час, электрическая – 360 МВт. Увеличение численности населения, рост объемов строительного и промышленного производства г. Астаны, расположенной в районе со сложными погодными климатическими условиями, сопровождаются ростом объемов потребления энергии. Как известно, ТЭЦ-2 эксплуатируется с 60–70 годов прошлого столетия и как следствие имеет повышенный износ оборудования. На электростанции завышены выбросы агрессивных газов.

Представляется перспективной реконструкция станции с заменой паросиловой установки (ПСУ) на парогазовую турбину (ПГУ). Актуальность предлагаемой реконструкции ТЭЦ-2 определяется:

- повышением энергетической эффективности станции;
- улучшением технико-экономических показателей;
- решением проблем экологического характера [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Согласно принципу работы ПГУ источником сырья является природный газ или жидкое топливо (нефть). Так как в Северной части Казахстана не имеется нефтяных и газовых топливных источников, рассматривается вариант применения комбинированный цикл, работающей на синтез-газе, получаемом при газификации экибастузского угля. Главное преимущество такой энергоустановки является её способность сжигания твердого топлива как основного и одновременного повышения КПД за счет глубокой утилизации теплоты выхлопных газов ГТУ.

Газотурбинные установки используются в различных вариантах тепловых схем ПГУ. На сегодняшний день одним из наиболее перспективных энергетических установок на твердом топливе являются Парогазовые установки, в которых процессы выработки электроэнергии и теплоты объединены с процессами газификации угля [2].

Газ паровоздушной газификации твердого топлива (угольной пыли), полученный в газогенераторе, работающем под давлением, очищают от золы, сернистых соединений, сажи, канцерогенных веществ и поступает в газовую турбину для сжигания, связанной с генератором для получения электроэнергии, направляемой в сеть. Горячие отходящие газы, покидающие газовую турбину при температуре 510–560 °С, поступают в теплообменник противоточного типа – котел-утилизатор, в котором за счет их тепловой энергии генерируется перегретый пар, направляемый в паровую турбину, которая, в свою очередь, связана с электрогенератором [3]. Структура схемы комбинированного цикла аналогична ПГУ, широко распространённым в мире, в которых жидкое (дизельное) топливо является резервным и аварийным топливом для такой установки (рис. 1). Смысл объединения этих установок заключается в снижении потерь отработавшего тепла газовых турбин или тепла уходящих газов парогенераторов, и, следовательно, в повышении КПД парогазовой электростанции по сравнению с отдельно взятой паротурбиной или газотурбиной [4].

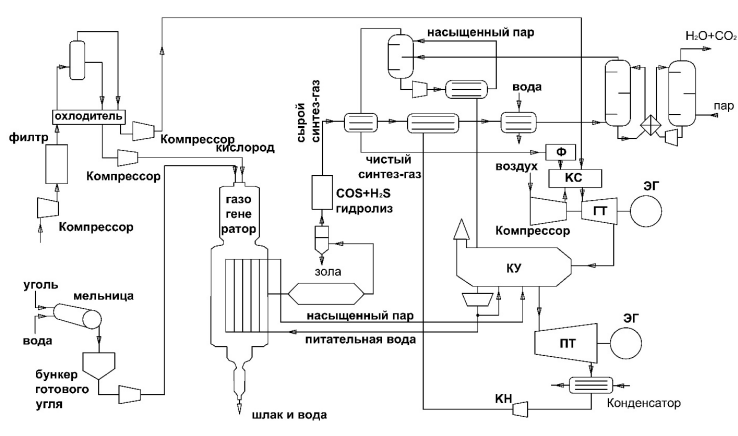


Рисунок 1 – Парогазовая технология при использовании генерации синтез-газа

Реконструкцию и перевооружение ТЭЦ-2 предусматривается проводить в два этапа:

Этап 1

Строительство нового главного корпуса для установки в нем трех газотурбинных блоков в составе GT800+9КУ (с дожиганием) разбивкой ввода на два пусковых комплекса:

- первый пусковой комплекс – 1xGT800+1xКУ;

Этап 2

Монтаж блока газификации твердого топлива. Планируется построить дополнительный конвейер для струйного газогенератора.

Реализация второго этапа реконструкции может начаться после ввода блока ГТУ.

Реализация этих решений будет обеспечивать не только непрерывность монтажа и ввода замещающего основного оборудования, но и надежность теплоснабжения, отпуска пара на производство и энергоснабжения потребителей на всех этапах реконструкции.

Ниже рассмотрим расчет тепловой схемы ПГУ

Таблица 1 – Исходные данные для расчета ПГУ

№	Параметры ГТУ		Параметры ПТУ			Газогенератор	Уголь, марка
	t_0^r	$N_3^{ГТУ}$	P_0	P_k	$N_3^{ПТУ}$	N_r	
	°С	МВт	МПа	кПа	МВт	МВт	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1200	3*47,5	12,7	5	80	6	СС

Суммарная электрическая мощность брутто ПГУ

$$N_3^{ПГУ} = nN_3^{ГТУ} + N_3^{ПТУ} = 47,5 * 3 + 80 = 225 \text{ МВт.}$$

Суммарная тепловая мощность, подведенная с топливом в камеры сгорания ГТУ,

$$Q_{kc} = \frac{nN_3^{ГТУ}}{\eta_3} = \frac{3 * 47,5}{0,38} = 375 \text{ МВт}$$

Абсолютный КПД брутто ПГУ

$$\eta_{\Sigma}^{ПГУ} = \frac{N_3^{ПГУ} + Q_r - N_r}{Q_{kc}} = \frac{225 + 80 - 6}{375} = 0,80$$

ВЫВОДЫ

Проведённый анализ научных и практических данных показывает на то, что парогазовая технология при использовании генерации синтез-газа

вполне применима для расширения и реконструкции паротурбинных ТЭЦ, в том числе ТЭЦ-2 г. Астаны. Применение настоящей технологии на ТЭЦ-2 г. Астаны позволит:

- интенсифицировать производственные процессы;
- повысить производительность и культуру труда;
- улучшить санитарно-гигиенические условия на предприятиях;
- обеспечить резкое сокращение выбросов в окружающую среду, в том числе парниковых газов;
- повысить тепловой КПД;
- использовать низкосортные угли;
- более эффективно утилизировать угольную золу;
- повысить экономическую эффективность энергоблоков с ПГУ с внутрицикловой газификации угля;
- определить возможность обеспечения соблюдения требований и норм РК по эмиссиям в атмосферу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Муканов, Б. О.** ходе реализации отраслевых программ модернизации энергокомплекса, внедрении ресурсосберегающих технологий и других важных аспектах технологической и инфраструктурной модернизации энергетического комплекса столицы / Журнал «КАЗИНФОРМ», 2014, Т. 45. – вып. 5. [Электронный ресурс]. – <https://www.zakon.kz/99347-stolica-perekhodit-na.html> . – С. 77–81.

2 **Цанев, С. В., Буров, В. Д., Дорофеев, С. Н., Конакотин, Б. В., Дудко, А. П., Двойнишников, О. В., Горжков, В. Е.** Расчет показателей тепловых схем и элементов газотурбинных и парогазовых установок электростанций: Учебное пособие по курсу «Газотурбинные и парогазовые установки электростанций» / Под ред. В. В. Чижиова. – М. : Издательство МЭИ, 2000. – 72 с.: – С. 35–38.

3 **Костюк, А. Г., Шерстюк, А. Н.** Газотурбинные установки. – М. : Высш. шк., 1979. – 254 с. – С. 46–48.

4 **Ривкин, С. Л.** Термодинамические свойства воздуха и продуктов сгорания топлив: Справочник. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 104 с.: – С. 13–16.

5 **Ольховский, Г. Г.** Энергетические газотурбинные установки. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 304 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Н. С. Мукимов¹, С. К. Садвакасова²

Астана қ. ЖЭО-2 бугазды қондырғыны қолдану және көмірді ішкі циклды газификациялау технологиясын пайдалану есебінен оңтайландыру жобасы

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.;

²С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

N. S. Mukimov¹, S. K. Sadvakasova²

Project of optimization of TPP-2 in Astana through the using of technology of intracyclic coal gasification and the using of combined steam-gas units

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana;

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana.

Material received on 18.09.17.

Бұл мақалада, 345 МВт Қазақстан Республикасы Индустрия стратегиялық бағдарлама болып табылатын, 2050 жылға дейін электр энергетикасын дамыту бағдарламасы негізінде болжанып отыр Астанада көмір газдандыру інісі бар ЖЭО-2 аралас-цикл өсімдіктер қалпына келтіру үшін техникалық-экономикалық негіздемесі берілген.

Біздің уақытымызда ССГТ-нің жұмысын газдан ғана емес, көмір сияқты қатты отындарда да жүзеге асыруға болады. Нәтижелері жоғары тиімді және дәстүрлі электр станцияларының қарағанда қоршаған ортаны ластау жоюға шешім аралас-цикл өсімдіктер екенін көрсетті. РГР-800 GT және Hrrsg орнату және станцияның үздік режимін таңдау арқылы біріктірілген цикл өсімдіктер туралы ЖЭО-2 Астана үшін қайта құру ұсынысы қайта-бап мәмілелер келтірілген. Қайта құрастыру қолданыстағы құрылыс конструкцияларын максималды сақтай отырып, негізгі құрал-жабдықтардың ішіндегі қолданыстағы алаң ішіндегі жаңа жабдықтарды орнатуды қамтиды.

In this article, a feasibility study for the reconstruction of CHPP-2 for combined-cycle gas turbines with in-cycle gasification of coal in Astana, with a capacity of 345 MW, is designed on the basis of the program for the development of the electric power industry until 2050, which is a strategic program for the industry of the Republic of Kazakhstan.

In our time it is possible to carry out the work of the CCP not only on gas, but also on solid fuels such as coal. The result of the research showed that combined-cycle plants are highly effective and a solution for eliminating pollution of the environment more than at traditional stations. The article deals with the reconstruction of the proposal for CHP-2 in Astana for combined-cycle plants by installing SG SGT-800 and the heat recovery boiler and selecting the optimal operating mode of the station. Reconstruction involves the installation of new equipment within the existing site in part of the main equipment with the maximum preservation of existing building structures.

УДК 621.65.01:665

А. Х. Мустафин¹, О. Е. Адильханов²

¹к.т.н., профессор; ²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ¹mustafin-51@mail.ru; ²adilhanov33@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ВИБРАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ

В статье рассматривается возможность применения методики расчета остаточного ресурса, при использовании данных виброзамеров нефтяного насоса типа ТКА. Также приведен пример расчета остаточного ресурса.

Ключевые слова: остаточный ресурс, насосное оборудование, вибрационная диагностика, нефтяной насос.

ВВЕДЕНИЕ

Во всем мире самое пристальное внимание уделяется вопросам повышения надежности эксплуатации оборудования и предотвращения возникновения аварийных ситуаций на опасных производственных объектах. Это объясняется целым рядом объективных причин. Меняются подходы к эксплуатации оборудования, усложняется само оборудование, ужесточаются требования промышленной и экологической безопасности. Большое количество агрегатов, скрытый характер зарождения и развития неисправностей, накопленная усталость оборудования нередко становятся

причинами аварийных ситуаций, которые приводят к значительным экономическим потерям и загрязнению окружающей среды.

В парке машин, используемых в нефтяной промышленности при промысловых перекачках нефти, магистральном транспорте нефти и нефтепродуктов, а также в технологических циклах нефтеперерабатывающих заводов, в подавляющем большинстве применяются насосные агрегаты (НА) с электроприводом. Техничко-экономические показатели предприятий во всех этих отраслях во многом определяются надежностью этого типа оборудования и совершенством системы технического обслуживания и ремонта (ТОР). В условиях рыночной экономики снижение себестоимости продукции предприятий нефтяной промышленности невозможно без осуществления мероприятий по обеспечению безаварийной эксплуатации, повышения межремонтного ресурса оборудования путем своевременного вывода его в ремонт, сокращения объемов резервирования, снижения расхода запасных частей [1].

Такие мероприятия в настоящее время осуществляются путем перехода к системе обслуживания оборудования по его фактическому состоянию. В этой связи большое значение приобретает разработка средств и методов контроля, позволяющих определять реальное техническое состояние оборудования, идентифицировать конкретные неисправности, а также прогнозировать его остаточный ресурс.

Одним из наиболее распространенных в мировой практике методов, позволяющих решать описанные проблемы, является вибрационная диагностика. Анализ вибрационных сигналов, получаемых при замере вибрации в различных точках агрегата, их сравнение с действующими для этого типа оборудования нормами позволяет получить объективное заключение о его общем техническом состоянии, с той или иной степенью вероятности обнаружить неисправности, определить степень износа деталей. При этом достоверность диагноза будет напрямую зависеть от средств и методов проведения измерений, объема собираемой информации, знания основных законов физических колебательных процессов, происходящих в насосных агрегатах и влияния на них условий эксплуатации оборудования [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При помощи данных, на получение которых ушло время в течении 24 месяцев, была разработана методика определения остаточного ресурса с помощью методического указания прогнозирования остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации.

Для этого рекомендуется следующий порядок прогнозирования.

1 Проводят N измерений Y_i ($i=1, 2, \dots, N$) контролируемого параметра в определенные моменты времени t_i .

2 Вычисляют величины

$$y_1 = \sum y_i; \quad x_1 = \sum t_i$$

$$y_2 = \sum y_i t_i; \quad x_2 = \sum t_i^2$$

$$D = N \sum t_i^2 - \left(\sum t_i\right)^2$$

$$D_{11} = \sum t_i / D; \quad D_{12} = -\sum t_i / D; \quad D_{22} = \frac{N}{D}$$

где через Σ обозначают сумму по i от 1 до N.

3 Вычисляют точечные оценки коэффициентов закона (4):

$$C_1 = y_1 \cdot D_{11} + y_2 \cdot D_{21}; \quad C_2 = y_1 \cdot D_{12} + y_2 \cdot D_{22}.$$

4 Вычисляют оценку среднего квадратичного отклонения параметра

$$\sigma = \sqrt{S/N - 2},$$

где $S = \sum (y_i - C_1 - C_2 \cdot t_i)^2$.

5 Вычисляют средние квадратичные отклонения коэффициентов C_1 и C_2 :

$$\sigma_1 = \sigma \sqrt{D_{11}}; \quad \sigma_2 = \sigma \sqrt{D_{22}}$$

6 Вычисляют гарантированные оценки коэффициентов

$$C_i = C_j \pm K \cdot \sigma_j, \quad (j=1,2)$$

где (+) берется при возрастающем параметре, (-) – при убывающем;

$K = 1,282$ (при $\gamma = 0,9$); $1,6459$ ($\gamma = 0,95$); $2,326$ ($\gamma = 0,99$);

γ – доверительная вероятность.

7 Вычисляют средний (ожидаемый) ресурс:

$$T_{cp} = (Y_n - C_1) / C_2 - t_k,$$

где t_k – наработка на момент последнего контроля.

На основании этой методики расчета можно рассчитать данные за 7 месяцев насоса типа ТКА 32/80.

Вычисляем величины основываясь на данных из таблицы 1:

$$y_1 = \sum y_i = 11,76; \quad y_2 = \sum y_i t_i = 74,5$$

$$x_1 = \sum t_i = 49; \quad x_2 = \sum t_i^2 = 413$$

$$D = N \sum t_i^2 - \left(\sum t_i\right)^2 = 490$$

$$D_{11} = \sum t_i / D = 0,1 \quad D_{12} = -\sum t_i / D = -0,1; \quad D_{22} = \frac{N}{D} = 0,014$$

Вычисляем точечные оценки коэффициентов:

$$C_1 = y_1 \cdot D_{11} + y_2 \cdot D_{21} = 6,274; \quad C_2 = y_1 \cdot D_{12} + y_2 \cdot D_{22} = -0,133.$$

Вычисляем средний (ожидаемый) ресурс:

$$T_{cp} = (Y_n - C_1) / C_2 - t_k \approx 1 \text{ год } 7 \text{ месяцев},$$

где $t_k = 60$ месяцев. [3]

ВЫВОДЫ

В данной статье был показан пример расчета остаточного ресурса нефтяного насоса типа ТКА 32/80. Такой метод расчета предназначается для специалистов эксплуатационных служб, занимающихся вопросами прогнозирования технического состояния, прогнозирования остаточного ресурса, сроков и объемов ремонта.

Таблица 1 – Данные вибрационной диагностики

Месяц	февраль	апрель	июнь	июль	август	октябрь	декабрь
Виброскорость, мм/с	2,5	1,5	2,0	1,7	1,7	1,16	1,2

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Болотин, В. В.** Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М. : Машиностроение, 1984. – С. 312.

2 **Сушко, А. Е.** Современные технологии повышения надежности эксплуатации и ремонта роторного оборудования опасных промышленных производств // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2010. – N 8. – С. 5–11.

3 <http://www.opengost.ru/iso/13920-rd-26.260.004-91-prognozirovanie-ostatochnogo-resursa-oborudovaniya-po-izmeneniyu-parametrov-pri-ekspluatacii.html>.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

A. X. Mустафин, O. E. Адильханов

Діріл диагностикасы нәтижесінде сорғылардың аңықтау ресурстарын басқару

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. K. Mustafin, O. E. Adilkhanov

Determination of residual resource of pumping equipment through vibration diagnostic data

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Бұл мақалада ТКА типіндегі мұнай сорғысының діріл өлшеуіштері туралы деректерді қолдану арқылы қалдықты есептеу әдісін қолдану мүмкіндігі қарастырылған. Ақ қалдық ресурстарды есептеуге мысал келтіріледі.

In the article, the possibility of applying the residual life calculation technique is considered, using the data of the vibration meters of the oil pump of the TKA type. An example of residual resource calculation is also given.

УДК 519.71

**Б. К. Муханов¹, Ж. Ж. Омирбекова², Е. Ж. Оракбаев³,
М. Г. Акаев⁴**

¹к.т.н, профессор; ²PhD, ассистент профессор; ³магистр, докторант; ⁴магистрант, кафедра «Автоматизация и управление», Институт информационных телекоммуникационных технологии, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы
e-mail: ¹bmukhanov@verbulak.com; ²zhanar_omirbekov@mail.ru; ³orakbaev_erbol@mail.ru; ⁴madi-karshiga@mail.ru

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СКВАЖИН ПРИ ПРОЦЕССЕ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

В данной статье предлагается метод идентификации параметров рудного тела в процессе проведения гидродинамических исследований скважин с применением глубинных приборов и информационно-измерительных средств. Приводится методика определения параметров по данным исследований закачных (нагнетательных) скважин на разных режимах эксплуатации. В статье поставлены задачи, геотехнологического контроля, получение и систематизация информации о динамике движения растворов, изменении концентрации урана в растворах и др., необходимой для управления процессом подземного выщелачивания. В работе описывается что, управление добычей металла способом подземного выщелачивания относится к классу сложных и нелинейных задач управления из-за отсутствия возможности прямого оперативного контроля основных технологических переменных процесса и нестационарности основных параметров процесса: таких как пьезопроводимость, пористость и др.

Ключевые слова: идентификация, подземное выщелачивание, моделирование, гидродинамические исследования, фильтрационные параметры.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы обусловлена необходимостью идентификации параметров рудного тела для повышения информативности результатов и оперативной оценки процесса подземного выщелачивания, с применением глубинных приборов и информационно-измерительных средств.

Задачей геотехнологического контроля является получение и систематизация информации о динамике движения растворов, изменении концентрации урана в растворах и др., необходимой для управления процессом подземного выщелачивания [3].

Эффективность работы добычи методом подземного выщелачивания (ПВ) полезных ископаемых во многом определяется оперативной оценкой основных параметров гидродинамического состояния скважин и пластов, чтобы своевременно принимать те или иные технологические приемы и управление по устранению технологических нарушений. В связи с этим актуальна разработка алгоритмического обеспечения по структурной, параметрической идентификации основных параметров гидродинамических процессов ПВ и построение на этой основе новых эффективных систем управления [1, 4].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Характеристика метода подземного выщелачивания как объект идентификации. При решении вопроса идентификации рассмотрим взаимодействие закачной и откачной скважины. В закачной скважине основной переменной определяющей ее работу является уровень выщелачивающего раствора. В откачной скважине определяющей технологической переменной является перепад напора создаваемый погружным насосом.

Управление добычей металла способом ПВ относится к классу сложных задач управления из-за отсутствия возможности прямого оперативного контроля основных технологических переменных процесса и нестационарности основных параметров процесса: таких как пьезопроводимость, пористость и др [2].

Методика исследования. В настоящее время для определения основных гидродинамических характеристик скважин и пластов необходимо проводить специальные исследования скважин с применением информационно-измерительных средств и вычислительных устройств как показано на рисунке 1.

Закачная скважина – предназначена для закачки в продуктивные пласты (1) выщелачивающих растворов через фильтр (2), способных растворять содержащие уран минералы. Используются закачные скважины при разработке методом подземного выщелачивания с целью поддержания пластового давления и регулирования темпов отбора полезных ископаемых [2]. Основной технологической переменной процесса, которая позволила бы решить часть задач по качественному управлению ПВ, является контроль уровня закачной скважины. Непрерывный контроль динамического уровня

в закачных скважинах осуществляется с помощью гидростатического уровнемера (3).

В устье скважины монтируется электро-клапан (5) для регулирования расхода, и расходомер (4) для непрерывного измерения расхода выщелачивающего раствора. Обработки измеренных параметров и управления электро-клапаном осуществляется вычислительным устройством или контроллером (6).

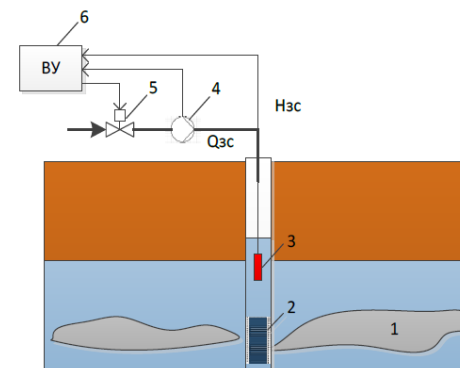


Рисунок 1 – Функциональная схема контроля параметров закачных скважин

Как известно, основное уравнение, взаимосвязывающее уровень в скважине и расходы выщелачивающих растворов имеет вид:

$$W \frac{dH_{zc}}{dt} = Q_{zc} - Q_{pm} \quad (1.1)$$

- где, H_{zc} – уровень выщелачивающего раствора закачной скважине (м);
- W – емкость закачной скважины (m^3);
- Q_{zc} – расход выщелачивающего раствора падающего в закачную скважину ($m^3/час$);
- Q_{pm} – расход выщелачивающего раствора поступающий из закачной скважины в рудное тело через фильтр скважины ($m^3/час$);

Если расход закачной скважины равно расходу рудного тела $Q_{zc} = Q_{pm}$, тогда уровень закачной скважины стабилен $H_{zc} = const$. Давление которое создает закачная скважина при установившийся режиме работы рассчитывается:

$$P_{zc} = H_{zc} \rho g \quad (1.2)$$

После проведения исследования в закачной скважине определяем гидросопротивление прискважинном пространстве по следующей формуле:

$$R(Q) = \frac{H_{зс}}{Q_{зс}} \quad (1.3)$$

При этом зависимость $R(Q)$ можно представить выражением:

$$R(Q) = b_1 + b_2 Q + b_3 Q^2 \quad (1.4)$$

Построен график зависимости гидросопротивление на расход $[b_i]$ по специальной методике определяется соответствие между уровнем в скважине (H) и расходов выщелачивания растворов. Измеренный уровень H пересчитывается по формуле (1.2) и (1.3) в $R(Q)$. Составляется матрица:

$$\begin{aligned} R_1(Q_1) &= b_1 + b_2 Q_1 + b_3 Q_1^2 \\ R_2(Q_2) &= b_1 + b_2 Q_2 + b_3 Q_2^2 \\ R_3(Q_3) &= b_1 + b_2 Q_3 + b_3 Q_3^2 \end{aligned} \quad (1.5)$$

По матрице (1.5) определяет параметры b_1, b_2, b_3 – характеризующая зависимость $R(Q)$ от уровня в скважине и соответственно от расхода выщелачивающих растворов.

Построен график зависимости гидросопротивление от расхода (Рисунок 2), и видно из графика что гидросопротивление уменьшается при увеличении расхода выщелачивающего раствора.

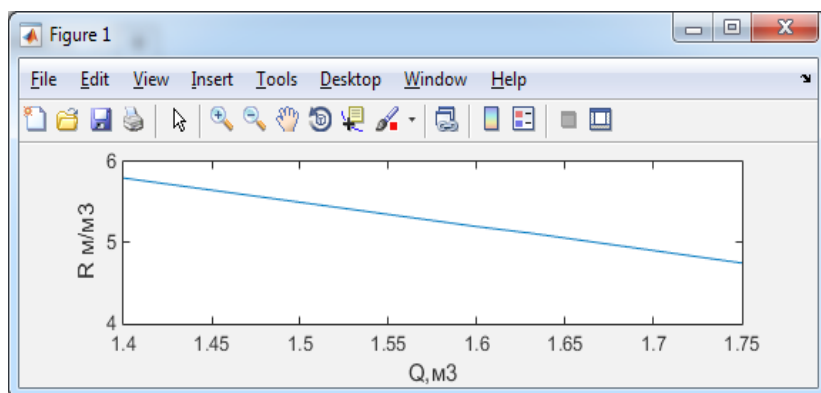


Рисунок 2 – График зависимости гидросопротивление на расход

Откачная скважина. Откачные скважины предназначены для подъема продуктивных растворов на поверхность. На рисунке 3 представлена функциональная схема контроля параметров откачных скважин.

В откачных скважинах подъем раствора обычно осуществляется погружными насосами (3) через фильтр (2). Основные параметры и состояние насоса контролируется вычислительным устройством или контроллером (6).

В устье скважины чтобы измерить давления продуктивного раствора устанавливается датчик давления (5), и расходомер (4) для непрерывного измерения расхода. Обработки измеренных параметров и управления глубинным насосом осуществляется вычислительным устройством.

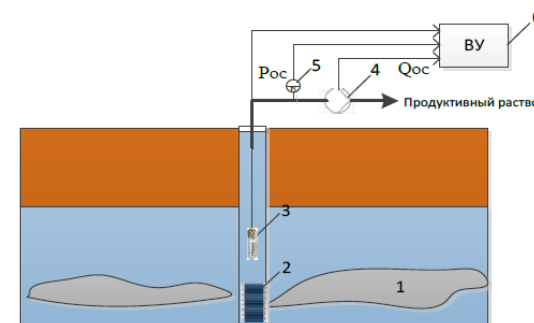


Рисунок 3 – Функциональная схема контроля параметров откачных скважин

Для откачной скважины была идентифицирована расходно-напорная характеристика скважинного насоса и самой откачной скважины.

Расходно-напорная характеристика было описывается полиномом третьего порядка для точности определения коэффициентов полинома, и имеет вид

$$\Delta P_{oc} = a_0 + a_1 Q_{oc} + a_2 Q_{oc}^2 + a_3 Q_{oc}^3 \quad (1.6)$$

где, a_0, a_1, a_2, a_3 – коэффициентов полинома для характеристики насоса;

Q_{oc} – расход продуктивного раствора откачной скважины.

Для определения коэффициентов полинома и расходно-напорных характеристик глубинного насоса используя программный пакет Matlab напишем функцию как показана на следующей рисунке

```

1 function P = fcn(Q)
2 %#codegen
3 C=[1 6 36 216;1 8 64 512; 1 10 100 1000;1 12 144 1728];
4 B=[172; 165; 155; 140];
5 A=C\B;
6 P=(A(1,1) + A(2,1)*Q + A(3,1)*Q.^2+A(4,1)*Q.^3)*10;
7
    
```

Рисунок 4 – Код функции в Matlab

Подставляя функцию в Simulink имитируем на входе расход откачного раствора и получим модель глубинного насоса как показана на рисунке 5.



Рисунок 5 – Модель глубинного насоса в Simulink

Полученный результат модели имеет вид расходно-напорной характеристики глубинного насоса:

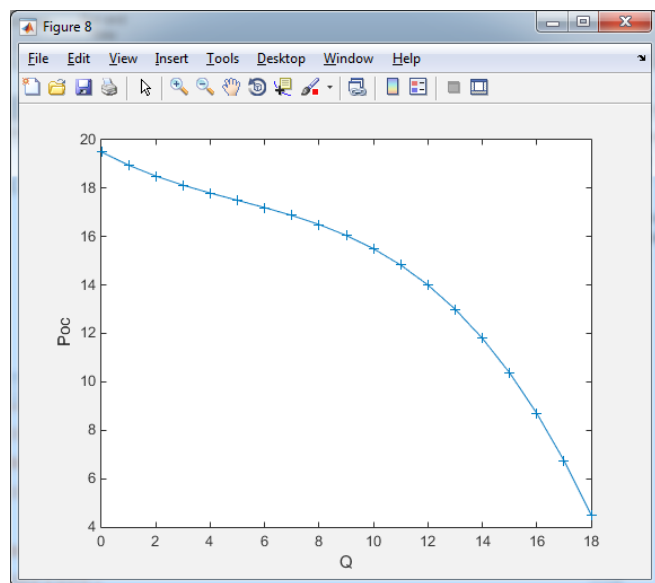


Рисунок 6 – Расходно-напорных характеристика глубинного насоса

ВЫВОДЫ

Предложенная методика определения параметров модели закачной скважины основывается на измерении уровня в скважинах и расход выщелачивающих растворов, с помощью этих показателей на трех различных режимах работы скважины определяется параметры гидросопротивления (1.4) при забойной зоны закачной скважины. По откачной скважине, при различных режимах работы погружного насоса по показателям датчика давления устья и скважины и расхода продуктивного раствора определяется фактические параметры расходно-напорных характеристик погружного насоса (1.6). На основе этих характеристик закачной и откачной скважин можно определить перепад давления на рудном теле, который создается в конечном итоге расходом выщелачивающего раствора. Поиск максимального перепада относится к классу нелинейных задач, решение который позволит оптимально вести процесс выщелачивания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Mukhanov, B. K., Omirbekova, Zh. Zh., Usenov, K. A., Wójcik, W. Simulating In-situ Leaching Process Using COMSOL Multiphysics / INTL International Journal of Electronics and Telecommunications. – 2014. – Vol. 60. – № 3. – P. 213–217.
- 2 Соловьев, И. Г., Ведерникова, Ю. А. Разработка и использование гидродинамических моделей скважинных систем, оборудованных установками погружных электроцентробежных насосов // Вестник кибернетики. – Тюмень : Изд-во ИПОС СО РАН, 2002. – № 1. – С. 85–91.
- 3 Рогов, Е. И., Язиков, В. Г., Рогов, А. Е., Гидродинамическая модель подземного выщелачивания урана // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М., 2000. – № 5. – С. 40–42.
- 4 Муханов, Б. К., Омйрбекова, Ж. Ж., Оракбаев, Е. Ж., Исследование и разработка системы оптимального управления процессом подземного выщелачивания // Вестник Национальной Академии Наук Республики Казахстан. – 2016. – № 5. – С. 178–185.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Ұңғымалар параметрлерін жер асты шаймалау процесінде анықтау

Ақпараттық және телекоммуникациялық

технологиялар институты,

Қ. И. Сәтбаев атындағы

Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

B. K. Mukhanov, Zh. Zh. Omirbekova, Y. Zh. Orakbayev, M. G. Akayev

Identification of well parameters at the underground leaching process

Institute of Information Telecommunication Technologies,

Kazakh National Research Technical University

after K. I. Satpayev, Almaty.

Material received on 18.09.17.

Бұл мақала ұңғымаларды гидродинамикалық зерттеу үдерісінде терең құрал-саймандарды және ақпараттық өлшеу құралдарын қолданумен рудалық дененің параметрлерін анықтау әдісі ұсынылады. Инъекциялық (инжекциялық) ұңғымаларды әр түрлі жұмыс режимдерінде зерттеу деректерінен параметрлерді анықтау әдісі берілген. Мақалада геотехнологиялық бақылау, ерітіндінің қозғалысының динамикасына қатысты ақпарат алуын және жүйелеуін, әсерасты сілтілеу процесін бақылау үшін қажетті уран ерітінділердегі концентрациясының өзгеруін және т.б. қарастырылған. Мақалада жер асты сілтілеу әдісімен металды өндіруді басқару мүмкін еместігіне бейсызықты және күрделі қатарына тікелей оперативті басқару процесінің технологиялық айнымалылары мен процестің негізгі параметрлері: пьезооткізгіштік, кеуектілік т.б. жатады.

The article poses the problems of geotechnological control, obtaining and systematization of information on the dynamics of the motion of solutions, changes in the concentration of uranium in solutions, etc., necessary for controlling the process of underground leaching. The paper describes that the management of the metal extraction by the underground leaching method belongs to the class of complex and nonlinear control problems because of the absence of the possibility of direct operational control of the main technological variables of the process and the nonstationarity of the main process parameters such as piezoconductivity, porosity, etc.

UDC 519.71

B. K. Mukhanov¹, Zh. Zh. Omirbekova², Y. Zh. Orakbayev³, R. B. Sarbassova⁴, Sh. K. Adilova⁵

¹c.e.s., professor; ²PhD, assistant professor; ³master, doctoral student; ⁴graduate student; ⁵senior lecturer, Department of «Automation and Control», Institute of Information Telecommunication Technologies, Kazakh National Research Technical University after K. I. Satpayev, Almaty

e-mail: ¹bmukhanov@verbulak.com; ²zhanar_omirbekov@mail.ru;³orakbaev_erbol@mail.ru; ⁴shinar82@mail.ru; ⁵iamrabiga@gmail.com**RESEARCH AND BUILD OF HYDRODYNAMIC MODELS OF IN-SITU LEACHING WELLS**

The article proves the urgency of studying the models of the uranium mining process by the method of underground leaching, which will allow to evaluate the dynamics of the technological process. More and more attention is paid to the modeling of the process of underground leaching (ISL), with the aim of solving the problems of raising the effectiveness of the process under consideration. The problems of extraction of underground leaching are described, the current state and description of the technology, connection with management problems is very actual development of new systems using the simulation results of the ISL process in the control loop. The article considers that there is an optimal pressure on the pumping wells according to the chosen criterion. Models of the search for the solution of the required flow rate for a quench well providing the maximum productivity of the solution at the outlet are constructed. In the paper, the tasks of determining the initial hydrodynamic parameters of wells and seams after conducting special investigations of wells with the use of deep instruments and information measuring instruments are solved.

Keywords: in-situ leaching, leaching solutions, modeling, optimal control.

INTRODUCTION

More and more attention is paid to the modeling of the process of in-situ leaching, in order to solve problems is to raise the efficiency of the process under consideration.

Geotechnological method of mining is the most effective and is actively implemented in Kazakhstan. The effectiveness of this extraction method is

largely determined by the operational evaluation of the main parameters of the hydrodynamic state of the wells and layers of the ore body, the creation of a mathematical model based on these estimates [1].

The existing practice and control systems of the geotechnological field (GTF) are characterized by the fact that the control of the technological process of in-situ leaching is mainly to maintain the balance consumption characteristics for leaching and grout products. Tasks for expenses are formed on the basis of geotechnological data and experience, and the skills of the mine geotechnician. In this case, the process is maintained under conditions of information uncertainty of the current characteristics of the filtering properties of the medium, such as the permeability of the ore body, which connect the filtration rate with the pressure gradient [2, 3].

The control of extraction by in-situ leaching will be difficult if one takes the following factors: the lack of operational control and monitoring, the inertia of the process, its length over time. And the price of the error can be very high. The efficiency of the method is largely determined by the timely assessment of the parameters of the hydrodynamic state of the seams and wells, in order to take technological methods in time and manage the elimination of technological violations.

In this connection, it is very important to develop new systems using the results of modeling the underground leaching process in the control loop.

MAIN PART

Description of the method of in-situ leaching. The method of in-situ leaching (ISL) develops exogenous uranium deposits that are located in well-permeable underground aquifers. The main tasks of managing a geotechnological enterprise are to increase the profitability of field development, increase the share of uranium extracted from the productive horizon, and reduce groundwater pollution. To solve this problem, one must be able to assess the geochemical and hydrogeological state of the productive horizon and groundwater [3].

In-situ leaching has a number of characteristics that also require specific and effective design and control tools. In-situ leaching occurs underground and can not be directly observed and controlled. The monitoring of in-situ leaching is limited to injecting the leaching solutions into the filling wells and productive solutions from the pumping wells, as well as a limited number of observation wells [4].

Therefore, in order to get a preliminary idea of the feasibility, select the leaching procedure and calculate the expected results, special studies and modeling of the process are necessary. Studies and modeling are carried out before and during the in-situ leaching process, as well as after its termination. They allow analyzing the dynamics of the process, estimating the volume and mass of ores and rocks to be leached, and predicting the extraction of uranium, the leaching efficiency and its effect on groundwater and rock [5–6].

In-situ leaching requires various types of modeling, both mathematical and physical. Mathematical modeling of in-situ leaching includes calculations that determine the process hydrodynamics, solubility, convective and diffusion motion of soluble components [6].

Consider the process of in-situ leaching (ISL) as an object of mathematical modeling, with a description of the structure of the mathematical model of the dynamics of the ISL process and the restrictions and assumptions adopted in it.

Elements of the technological scheme of in-situ leaching. By the in-situ leaching method, uranium deposits are developed in which the ore body is in a well-permeable geological environment, usually in an underground aquifer (5) as shown in Fig. 1. The extraction of uranium from the ore body (4) takes place by means of a system of technological wells that are combined into technological cells and blocks. Through the filling (injection) wells (1), a leaching (working) solution is injected into the productive horizon, containing reagents capable of dissolving uranium minerals. As a result of physico-chemical interaction of uranium minerals and host rocks with leaching reagents, an uranium-containing production solution is formed in the underground aquifer, which is released to the surface through a system of pumping wells (3). In the processing of the productive solutions, uranium is extracted from it, and the remaining mother liquors are reinforced with the leaching reagents and are again fed to the filling wells as a working solution. At present, weak aqueous solutions of sulfuric acid are used as working agents (working solutions) in the in-situ leaching of uranium.

To ensure the necessary flow rate of the pumping wells and the possibility of transporting productive solutions to the industrial site collector, a method of lifting solutions using submersible pumps has been adopted (2). The filling (injection) of the leaching solutions into the wells is carried out by filling wells. Control of borehole pumps is carried out from the assembly of productive solutions.

In Fig. 1 is a sectional view of a filling well and pumping well in in-situ leaching of uranium.

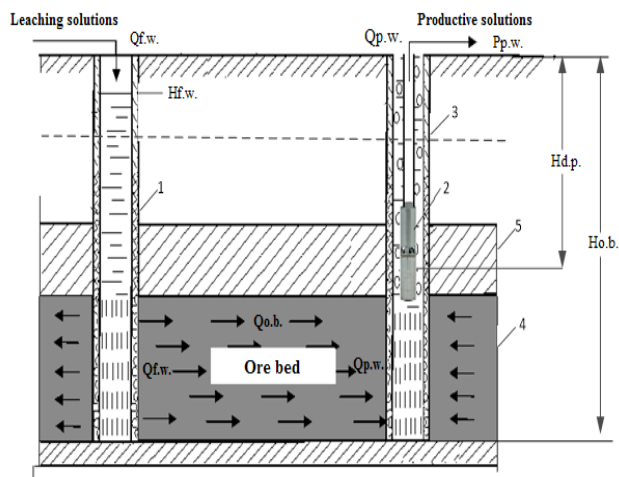


Figure 1 – Technological scheme of in-situ leaching of uranium

Construction of a mathematical model of the technological system of in-situ leaching

The filling well. The filling well is a vertical pipeline, and the liquid column is the determining factor in the formation of the pressure drop.

As you know, a column of liquid with a height of 9.8 m presses on the mouth with a force of 0.01 MPa.

Therefore, the well model can be represented as:

$$W \frac{dH_{fw}}{dt} = Q_{fw} - Q_{ob} \quad (1.1)$$

where, H_{fw} – leaching solution level in a filling well (m);

W – capacity of the filling well (m^3);

Q_{fw} – flow rate of the leaching solutions falling into the filling well (m^3/h);

Q_{ob} – the leaching solutions flow rate from the filling well into the ore body through the well filter (m^3/h);

If the flow rate of the filling well is equal to the flow rate of the ore body $Q_{fw} = Q_{ob}$, then the level of the filling well is stable $H_{fw} = \text{const}$. The pressure that creates the filling well at steady state operation is calculated:

$$P_{fw} = H_{fw} \rho g \quad (1.2)$$

Depth Pump. The model of the depth pump is based on the pressure characteristic created by the pump and has the form:

$$\Delta P_{pw} = a_0 + a_1 Q_{pw} + a_2 Q_{pw}^2 + a_3 Q_{pw}^3 \quad (1.3)$$

where, ΔP_{pw} – pressure created by the pump (atm);

Q_{pw} – flow rate (m^3/h);

a_0, a_1, a_2, a_3 – approximating coefficients.

The pressure-flow characteristic of pumps from the deep-water pump passport is shown in Figure 2.

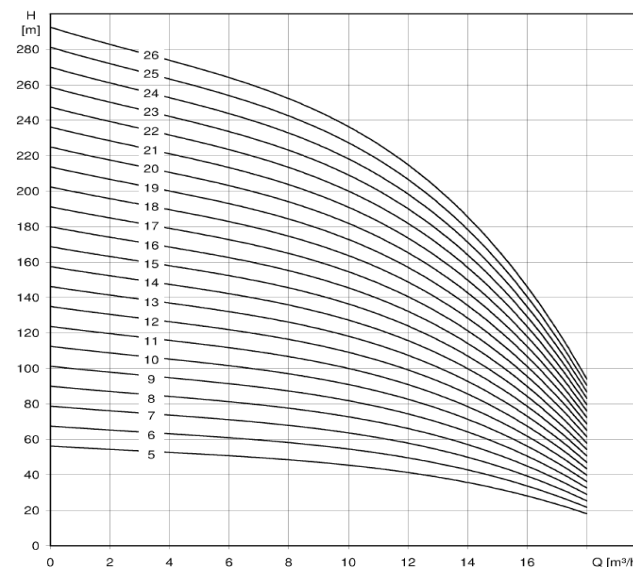


Figure 2 – Family of pressure flow characteristics of the depth pump

Ore body. Let us briefly consider the main regularities in the filtration of solutions in the case of a plane-radial motion in the potential field of the liquid head in an unbounded flat space between two impenetrable soils of the ore-bearing layer.

It is clear that the reagent fluid moves in the porous environment of the formation under the influence of the head difference created by the injection pumps in the pumping wells, the submersible suction pumps and the airlifts on the pumping wells, the background natural flows and the difference of the solution liquid between the pumping and the pumping wells and from the physics of the process it is clear that the greater the gradient of pressure on the ore body, the

less leaching solution losses, the better the leaching process, that is, the filtration rate increases [5].

As a control criterion, the index reflecting the gradient of the pressure in the ore body from the pumping to the pumping well is selected, we write down the expression for the technological chain: a quench well, an ore body, a pumping well.

Calculation of the pressure drop on the ore body is carried out according to the following scheme:

$$\Delta P_{ob} = R_{ob} \cdot Q_{ob} \tag{1.4}$$

$$\Delta P_{ob} = P_{fw} - P_{ypw} \tag{1.5}$$

where, ΔP_{ypw} – pressure on the sump of the depth pump (atm);

$$P_{ypw} = (H_{ob} + H_0) \rho g \tag{1.6}$$

where, H_0 – height of equilibrium point (m);

Calculation of the equilibrium point from the ore body:

$$H_0 = P_{msd} - P_{lc} \cdot \frac{1}{\rho g} \tag{1.7}$$

where, P_{msd} – pressure at the mouth of the depth pump (atm); P_{lc} – pressure of the column of liquid in the pumping well (atm);

Investigations of the model of the technological scheme of in-situ leaching on Matlab.

The ISL process model represented by the expressions (1.2)–(1.7) was typed for investigation in the Matlab environment.

In our case, the technological chain was considered: a quench well, an ore body, a pumping well with a well pump with a power of 7.5 kW.

Model of the pumping well. For the pumping well, the flow-pressure characteristic of the downhole pump and the most pumped well was identified.

The flow-pressure characteristic was determined by a special technique, and has the form

$$\Delta P_{pw} = 198 - 6,08 Q_{pw} + 0,63 Q_{pw}^2 - 0,04 Q_{pw}^3, \tag{1.8}$$

The depth pump model is shown in the following figure

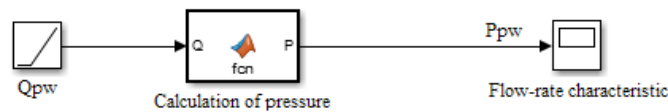


Figure 3 – Model of the depth pump on Matlab

And the pressure-flow characteristic of the pump is constructed. Figure 4.

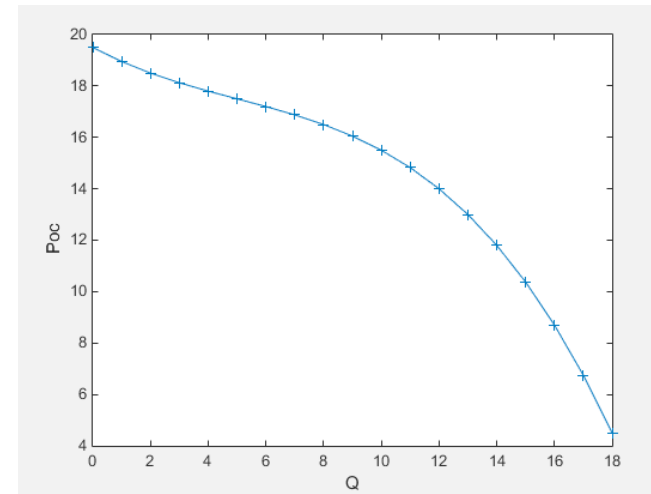


Figure 4 – Flow characteristics of the depth pump

The model of the technological scheme of the in-situ leaching process, the filling well, the ore body, the pumping well is shown in Fig. 4.

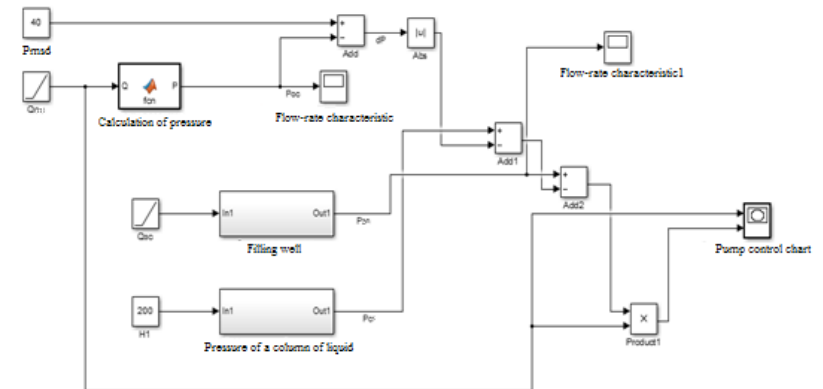


Figure 5 – Model of the technological scheme of the process of in-situ leaching

As the studies on the model have shown, for the technological scheme under consideration the dependence of the pressure drop on the ore body on the consumption of solutions has the form:

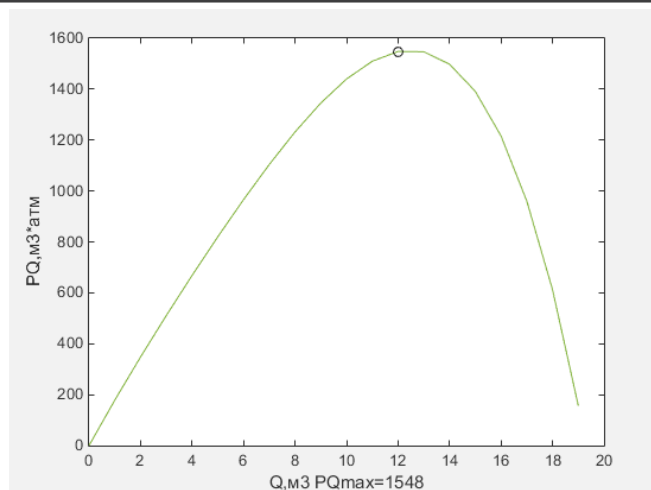


Figure 6 – The model of pressure drop on the ore body

Results. With the in-situ leaching of metals, the question of the magnitude of the pressure at the pumping wells remains unresolved. So, with its increase, the production rate of wells increases, but the productivity of the solution at the outlet decreases. And with a decrease in pressure, the proportion of wells with which the concentration of metal in the productive solution increases decreases proportionately, but the rate of filtration of the solution decreases and, consequently, the rate of leaching of the metal. In this regard, there seems to be an optimal pressure on the pumping wells according to the selected criterion. The model provides a solution for such a required flow rate for a quench well providing the maximum output of the solution.

CONCLUSION

At present, to determine the initial hydrodynamic parameters of wells and formations, it is necessary to conduct special investigations of wells with the use of depth instruments and information-measuring means. And the most informative parameter, characterizing the work of the ISL process, is the gradient of the pressure drop in the ore body. Obtaining measurements of other parameters, such as well production, wellhead pressure, piezoelectricity, flow characteristics of the submersible motor, improves the quality of the identification of the hydrodynamic model, hence, it increases the reliability of process control.

REFERENCES

- 1 Mukhanov, B. K., Omirbekova, Zh. Zh., Usenov, K. A., Wójcik, W. Simulating In-situ Leaching Process Using COMSOL Multiphysics // INTL International Journal of Electronics and Telecommunications. – 2014. – Vol. 60. – № 3, – P. 213–217.
- 2 Manual of acid in situ leach uranium mining technology. – IAEA, VIENNA, 2001. – P. 105–122.
- 3 Mukhanov, B. K., Usenov, A. K., Omirbekova, Zh. Zh. Process of in-situ leaching modeling in a Comsol Multiphysics environment // The 2nd International Virtual Conference on Advanced Scientific Results (SCIECONF-2014). – Zilina, Slovakia, 2014. – P. 499–503.
- 4 Solov'yev, I. G., Vedernikova, Yu. A. Razrabotka i ispol'zovanie gidrodinamicheskikh modeley skvazhinnykh sistem, oborudovannykh ustanovkami pogruzhnykh elektrosentrobezhnykh nasosov // Vestnik kibernetiki. Tyumen': Izd-vo IPOS SO RAN, 2002. – № 1. – P. 85–91.
- 5 Rogov, E. I., Yazikov, V. G., Rogov, A. E., Gidrodinamicheskaya model' podzemnogo vyshchelachivaniya urana // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal). – M., 2000. – № 5. – P. 40–42.
- 6 Mukhanov, B. K., Omirbekova, Zh. Zh., Orakbaev, E. Zh., Issledovanie i razrabotka sistemy optimal'nogo upravleniya protsessom podzemnogo vyshchelachivaniya // Vestnik Natsional'noy Akademii Nauk Respubliki Kazakhstan, 2016. – № 5. – P. 178–185.

Material received on 18.09.17.

Б. Қ. Мұқанов, Ж. Ж. Әмірбекова, Е. Ж. Орақбаев, Р. Б. Сарбасова, Ш. К. Әділова

Жерасты шаймалау ұңғымаларының гидродинамикалық үлгілерін зерттеу және құру

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты,
Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
зерттеу университеті, Алматы қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Б. К. Муханов, Е. Ж. Оракбаев, Ж. Ж. Омирбекова, Р. Б. Сарбасова,
Ш. К. Адилова

Исследование и построение гидродинамических моделей скважин подземного выщелачивания

Институт информационных телекоммуникационных технологий,
Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К. И. Сатпаева, г. Алматы.
Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Мақала уран өндіру процесінің модельдерін жерасты сілтілеу әдісімен зерттеудің өзектілігіне арналған, бұл технологиялық процесің динамикасын бағалауға мүмкіндік береді. Қарастырылып отырған процесің тиімділігін арттыру мәселелерін шешу мақсатында жер асты шаймалау процесін модельдеуге көбірек көңіл бөлінеді. Мақалада жер асты шаймалауды өндірудің қазіргі жағдайы, технологияның қазіргі жағдайы мен сипаттамасы, басқару мәселелерімен байланысты басқару цикліндегі жерасты шаймалау процесін модельдеу нәтижелерін пайдалана отырып, жаңа жүйелерді әзірлеудің маңыздылығы сипатталған. Мақалада таңдалған критерий бойынша сорғы ұңғымаларына оңтайлы қысымның бар екендігі қарастырылған. Сорғы ұңғымаларында ерітіндінің максималды өнімділігін қамтамасыз ететін және құю ұңғымасы үшін қажетті агын санын шешу модельдері жасалды. Бұл жұмыста ұңғымаларды терең зерттеу құралдарын және ақпаратты өлшеу құралдарын пайдалану арқылы ұңғымаларды арнайы зерттеу жүргізігеннен кейін ұңғымалар мен төсемелердің бастапқы гидродинамикалық параметрлерін анықтау міндеттері шешілді.

В статье обосновывается актуальность исследования моделей процесса добычи урана методом подземного выщелачивания, которые позволят оценить динамику технологического процесса. Все больше внимания уделяются вопросам моделирования процессом подземного выщелачивания (ПВ), с целью решения задач поднятия эффективности рассматриваемого процесса. Описаны проблемы добычи подземного выщелачивания, современное состояние и описание технологии, связи с проблемами управления весьма актуальна разработка новых систем использующих в контуре управления результаты моделирования процесса ПВ. В статье рассматривает что, существует оптимальный по избранному критерию напор на закачных скважинах. Построены модели поиска решения необходимого расхода на

закачную скважину, обеспечивающий максимальную продуктивность раствора на выходе. В работе решаются задачи определения исходных гидродинамических параметров скважин и пластов после проведения специальных исследований скважин с применением глубинных приборов и информационно-измерительных средств.

УДК 621.3

Т. А. Прозорова¹, М. К. Курмангалиев²

¹д.б.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ²магистр, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ¹tamara44@mail.ru; ²1992_miras@mail.ru

СИСТЕМА ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЗОЛОТВАЛОВ ТЭЦ

В статье представлена система пылеподавления действующих золоотвалов ТЭЦ с целью уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу является актуальной задачей.

Цель работы: Разработка системы пылеподавления действующих золоотвалов ТЭЦ.

Задачи работы: 1 Эффективность пылеподавления на отвалах может быть достигнута, как правило, применением комплекса мероприятий, включающих меры как постоянного эксплуатационного, так и временного оперативного или технологического закрепления

2 Выбор способов пылеподавления и их оптимальной комбинации должен осуществляться на основе технико-экономического сопоставления с учетом показателей их экологической эффективности.

Ключевые слова: пылеподавление, действующие золоотвалы.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из факторов негативного воздействия тепловых электростанций на окружающую среду является вынос в атмосферу пылевых частиц с поверхности золошлакоотвалов, как действующих (с поверхности сухих пляжей), так и заполненных до проектных отметок и выведенных из эксплуатации, но не законсервированных и не прошедших рекультивацию.

Пылевыделению подвержены поверхности отвалов, на которых складываются золошлаки II и III группы по классификации УралВТИ (скрытоактивные и инертные) с общим содержанием окиси кальция менее 20 % и которые расположены в районах с засушливым климатом, с длительными бездождевыми периодами и сильными ветрами частой повторяемости.

В период пыления ухудшается санитарное состояние на больших площадях прилегающей к золошлакоотвалу территории.

Согласно пп. 4.10.11 и 4.10.32 ПТЭ [1] при эксплуатации золошлакоотвалов должно быть обеспечено предотвращение загрязнения золой воздушного бассейна и окружающей территории, для чего на каждой электростанции должны выполняться мероприятия по предотвращению пыления.

Согласно РД 34.02.303-91 [2] выброс частиц золы с поверхности золошлакоотвалов рассматривается как сверхнормативный и облагается соответствующими платежами.

Пыление золошлакоотвалов возникает вследствие несовершенства проектных решений, нарушения правил эксплуатации, несвоевременного принятия мер к рекультивации (консервации) отработанных площадей.

Настоящие Рекомендации составлены на основе обобщения исследований, выполненных ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, АО «Уралтехэнерго», АО «Южтехэнерго», Агрофизическим институтом РАН, ВНИИВОДГЕО, Научно-исследовательским институтом открытых горных разработок, с учетом эксплуатационного опыта тепловых электростанций.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При проектировании золошлакоотвалов в целях предотвращения или снижения выноса зольных частиц с отвала необходимо:

- для ограничения ветрового воздействия на золошлаковое поле отвал размещать с максимальным использованием ветрозащитных свойств местности (в низинах, на подветренных склонах, в окружении залесенных участков);

- отвал размещать на территории с наименьшей вероятностью поступления запыленного воздушного потока на жилые массивы и другие защищаемые территории;

- конфигурацию отвала выбирать, как правило, прямоугольную с ориентацией наиболее протяженной стороны вдоль направления господствующих ветров в пылеопасный период года, что позволяет ограничить вынос сальтирующих частиц с золошлакового поля за пределы отвала;

- пруд-осветлитель для поглощения гравитирующих частиц, выпадающих на его поверхность из пылевого облака, размещать у дальней по направлению господствующих ветров дамбы;

- золоотвал секционировать разделительными дамбами с организацией последовательного заполнения, наращивания, выведения из эксплуатации и консервации секций, что резко сокращает размеры пылящей поверхности и создает дополнительные барьеры на пути пылевого облака в виде разделительных дамб;

- высоту дамб, размещенных поперек направления господствующих ветров, увеличивать на 2–3 м для снижения скорости воздушного потока, набегающего на поверхность зольного пляжа у ближней дамбы, и для осаждения пылевых частиц в аэродинамической тени дальней дамбы;

- на дамбах отвала создавать ветрозащитные барьеры (приподнятые пульпопроводы разводящей сети, решетчатые ограждения);

- разводящую сеть пульпопроводов прокладывать по периметру ограждающих дамб отвала для производства рассредоточенного намыва золошлаков и обеспечения периодического смачивания сухих зольных пляжей переключением пульповыпусков;

- на дамбах размещать стационарные дождевальные установки;

Как при строительстве золошлакоотвалов, так и в процессе эксплуатации в целях снижения поступления золы с отвала и загрязнения прилегающей к нему территории целесообразна посадка пылезащитных лесополос из лиственных деревьев и кустарников с хорошей пылепоглощающей способностью на наружном откосе первичной дамбы отвала.

При размещении отвала в котловине либо при превышении отвала над прилегающей местностью не более 15 м снижение загрязнения золой прилегающей территории может быть достигнуто созданием лесозащитной полосы в санитарно-защитной зоне отвала.

Выбор пород деревьев и кустарников и технологии залесения должен быть произведен на основании рекомендаций специализированных научно-исследовательских институтов и местных лесохозяйственных организаций, при этом предпочтение должно отдаваться породам деревьев и кустарников, которые в данной климатической зоне обеспечивают быстрый рост (например, тополь и осине).

В процессе эксплуатации золоотвала должны оптимально использоваться все предусмотренные проектом методы и технические средства оперативного пылеподавления:

- смачивание пылящих зольных пляжей осветленной водой, подаваемой по пульпопроводам разводящей сети, свободным от золошлаковой пульпы;

- учащение переключения пульповыпусков в теплое время года в целях поддержания в увлажненном состоянии возможно большей поверхности намываемых надводных отложений;

- периодическое орошение водой сухих пляжей стационарными дождевальными установками или поливочными машинами;
- временный подъем уровня воды отстойного пруда для покрытия водой возможно большей поверхности надводных отложений золошлакового материала.

Временный подъем уровня воды отстойного пруда является одним из самых эффективных методов оперативного пылеподавления на отвале, не требующим дополнительного оборудования. Однако его применение приводит к избытку воды в отвале, снижению его полезной емкости и может быть рекомендовано для ТЭС, находящихся в климатических зонах с превышением испарения над осадками, а также в случаях возможности согласования регулируемого сброса избытка воды с отвала.

Временный подъем уровня воды отстойного пруда должен производиться с учетом требований к предотвращению выхода фильтрационной воды на наружный откос ограждающей дамбы. Минимальное допустимое расстояние от уреза пруда до наружного откоса отвала (рис. 1), при котором не произойдет просачивания фильтрационной воды на откос, рекомендуется определять по формуле:

$$L_{\min} = h(m_3 - m_0) \quad (1)$$

где h – высота от поверхности отложений золошлакового материала до основания отвала;

m_3 – отношение горизонтальной проекции кривой депрессии к превышению уровня воды в пруде над основанием; для золошлакового материала m_3 равно 7–10, причем меньшая величина принимается для смеси золы и шлака, большая – для золы;

m_0 – среднее заложение наружного откоса отвала. Подъем уровня воды отстойного пруда не должен снижать значение превышения гребня дамб над эксплуатационным уровнем воды в пруде ниже допустимого, принимаемого в соответствии с [5] равным для отвалов I класса 2 м, II класса – 1,5, III класса – 1,0 и IV класса – 0,7 м.

На тех участках ограждающей дамбы, где отсутствуют зольные пляжи, перед подъемом уровня воды в отстойном пруде необходимо проверить состояние верхового откоса и его крепления. В случаях отсутствия защитного слоя или наличия явных следов волновой переработки необходимо произвести укрепление откоса гравием, щебнем или шлаком крупностью 20 мм и более слоем 200–300 мм.

Смачивание пылящих зольных пляжей осветленной водой, подаваемой по резервному пульпопроводу, рекомендуется применять на отвалах площадью не более 60 га с протяженностью пляжей не более 2 км.

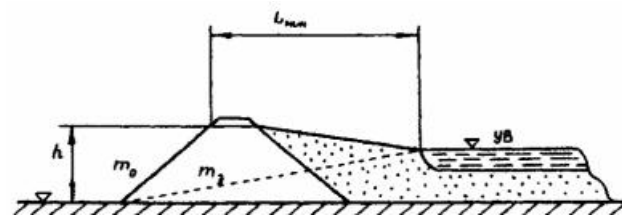


Рисунок 1

Схема определения минимально допустимого расстояния от уреза отстойного пруда до бровки наружного откоса золошлакоотвала в случае слабофильтрующих фунтов в основании:

L_{\min} – минимально допустимое расстояние от уреза пруда до наружного откоса отвала;

h – высота от поверхности отложений золошлакового материала до основания отвала;

m_0 – среднее заложение наружного откоса отвала;

m_3 – отношение горизонтальной проекции кривой депрессии к превышению уровня воды в пруде над основанием;

УВ – уровень воды пруда-осветлителя

Смачивание производится периодически по мере высыхания поверхности пляжа из существующих пульповыпусков.

Расход воды на смачивание пляжа рекомендуется принимать не более 10% подаваемой насосной станцией осветленной воды. Для обеспечения этого расхода предусматривается переключки между водоводом осветленной воды и пульпопроводами с отсекающими задвижками и регулирующими шланговыми затворами (рис. 2).

Для повышения эффективности орошения (увеличения площади смачивания и повышения равномерности орошения) пульпопроводы могут оснащаться дополнительными орошающими патрубками внутренним диаметром 100 мм с шагом 20 м, оснащенными отключающей арматурой.

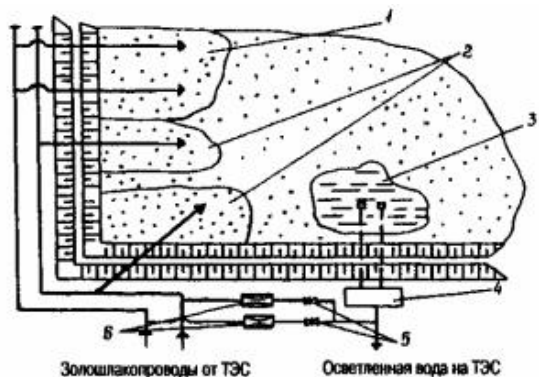


Рисунок 2

Схема смачивания золовых пляжей осветленной водой по резервному пульпопроводу:

- 1 – участок намыва золового пляжа;
- 2 – участки увлажнения пляжей осветленной водой;
- 3 – отстойный пруд;
- 4 – насосы осветленной воды;
- 5 – задвижки Ду 100-150 мм;
- 6 – шланговые затворы.

ВЫВОДЫ

В данной работе были рассмотрены теоретические аспекты процесса газификации твердого топлива и классификация газогенераторов по различным параметрам. В ходе работы проведен расчет процесса газификации угля и составлены материальный и тепловой балансы данного процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Рекомендации по проектированию золошлакоотвалов тепловых электрических станций: П 26-85/ВНИИГ. – Л., 1986.
- 2 Маныкин, А. Н., Булыга, И. Ф. Прогрессивные методы орошения в сельском хозяйстве. – М. : Россельхозиздат, 1985.
- 3 Винникова, Н. В., Полонский, А. И., Данильченко, И. В. Механизация и техника полива сельскохозяйственных культур: Альбом-справочник. – М. : Россельхозиздат, 1976.
- 4 Рекомендации по временному закреплению золоотвалов ТЭС от пыления: П 68-77/ВНИИГ. – Л., 1978.

5 Шугалей, Р. Т., Тетельмин, В. В., Виноградова, Л. В. О предотвращении пыления золоотвалов тепловых электростанций. – Энергетическое строительство, 1993. – № 5.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Т. А. Прозорова, М. К. Курмангалиев
ЖЭО қолданылатын күл үйінділерінің шаң басу жүйесі
 С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 18.09.17 баспаға түсті.

T. A. Prozorova, M. K. Kurmangaliev
Dust suppression system at the existing ash dumps ТТР
 S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar. Material received on 18.09.17.

Мақалада жұмыс істеп тұрған ЖЭО күл үйінділерінің шаңын басу жүйесі ұсынылып, атмосфераға зиянды заттардың шығарылуын азайтуы өзекті міндеті болып табылады.

Жұмыстың мақсаты: ЖЭО қолданылатын күл үйінділерінің шаңды басу жүйесін әзірлеу.

Міндеттері: 1 Шаңды басу үйінділердегі тиімділікке қол жеткізуі мүмкін, әдетте, іс-шаралар кешенін қолдану арқылы тұрақтылықты қамтитын шараларды пайдалану, сондай-ақ уақытша жедел немесе технологиялық бекіту.

2 Шаңды басу әдістерін таңдау және олардың оңтайлы комбинациясы экологиялық тиімділігін көрсеткіштерін ескере отырып, техникалық-экономикалық салыстыру негізінде жүзеге асырылуы тиіс.

The article presents the system of dust suppression of the existing ash dumps of CHP in order to reduce emissions of harmful substances into the atmosphere is an actual task.

The aim: To develop a dust suppression system for the existing ash dumps.

The objectives of the work: 1 The effectiveness of dust suppression on dumps can be achieved, as a rule, by using a set of measures, including measures of both permanent operational and temporary operational or technological fixing.

2 The choice of methods of dust suppression and their optimal combination should be carried out on the basis of a technical and economic comparison taking into account the indicators of their ecological efficiency.

УДК 621.311

Т. А. Прозорова¹, Е. А. Равдал²

¹д.б.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ²магистр, оператор технологических установок, Павлодарский нефтехимический завод, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ¹tamara44@mail.ru; ²yerzhanat@ru

ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПЕЧЕЙ ПРОКАЛКИ КОКСА ПНХЗ

В статье представлена системы очистки дымовых газов печей прокалки кокса ПНХЗ с целью уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу является актуальной задачей.

Цель работы: Разработка системы очистки дымовых газов печей прокалки кокса ПНХЗ.

Задачи работы: 1 В результате сжигания отходов и многих других производственных процессов образуются дымовые газы. Зачастую они содержат такие загрязнители, как оксиды серы ($SO_2 + SO_3$), соляная кислота (HCl) или фтористый водород (HF), а также тяжелые металлы, диоксины и фураны. Известь, гашеная известь и продукты на основе известняка эффективно поглощают вредные примеси, а в сочетании с другими компонентами удаляют и так называемые загрязняющие микроорганизмы.

2 Система очистки дымовых газов состоит из рукавного фильтра, колонны охлаждения и колонны десульфуризации. Главная функция данной системы – очистка дымового газа от несгоревшей коксовой пыли и диоксида серы. Остуженный и очищенный от вредных веществ дымовой газ через дымовую трубу выбрасывается в атмосферу.

Ключевые слова: дымовые газы, прокалка кокса.

ВВЕДЕНИЕ

Для очистки отходящих газов от механических примесей применяются рукавные фильтры, которые являются одними из самых эффективных аппаратов механической очистки. Отходящие газы из котла утилизатора через газоход попадают в центральную часть установки рукавного фильтра, разделенную диагональной перегородкой на две зоны грязного и очищенного газа. Неочищенные газы равномерно распределяются по отсекам с фильтрующими элементами оснащенными системой импульсной очистки. Пройдя рукавные фильтры через выходные заслонки, дымовые газы попадают в зону очищенного газа, из которой поступают на всасывающие газоходы дымососов.

При прокалке сырого нефтяного кокса во вращающихся печах образуется большое количество летучих дымовых газов с большим содержанием оксида серы (SO_2), оказывающих неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Система сероочистки предназначена для очистки дымовых газов от диоксида серы. Первичная очистка и охлаждение дымового газа происходит в колонне охлаждения путем распыления раствора гидроксида натрия. Основные процессы для удаления оксида серы из дымового газа происходят в колонне десульфуризации, куда также как и в колонну охлаждения подается раствор гидроксида натрия посредством распыления. В верхней части колонны установлено два водяных пояса орошения для улучшения протекания реакций и недопущения попадания остатков агрессивных растворов в дымовую трубу.

Щелочной раствор, прореагировавший с диоксидом серы, поступает из колонн в бассейн восстановления и окисления, где происходит его смешивание с раствором извести и насыщение кислородом для образования частиц гипса. Далее, полученный раствор с частицами гипса переливается в осадительный бассейн, где происходит отложение гипсосодержащей массы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рукавные фильтры предназначены для очистки пылегазовоздушных потоков с температурой до $+260$ °С и исходной запыленностью до 100 г/м³.

Рукавные фильтры относятся к пылеулавливающему оборудованию «сухого» типа. Рукавные фильтры имеют более высокую эффективность очистки газов по сравнению с любыми видами электрофильтров и аппаратами мокрой очистки газов. Остаточная запыленность пыли выбросов на выходе после рукавных фильтров обычно составляет не более 10 мг/м³ (существуют модификации фильтров с более низкой остаточной запыленностью, до 1 мг/м³). Рукавные фильтры могут быть укомплектованы фильтрующими рукавами, сшитыми из высокотемпературных фильтрующих материалов (политетрафторэтилен, полиимид) с температурой эксплуатации до $+260$ °С.

Рукавные фильтры предназначены как для очистки дымовых газов, так и аспирационных выбросов предприятий различных отраслей промышленности:

- чёрная металлургия;
- цветная металлургия;
- промышленность по производству строительных материалов;
- машиностроение;
- литейное производство;
- металлообработка;
- стекольная промышленность;
- химическая промышленность;
- горнодобывающая промышленность;
- пищевая промышленность;
- деревообработка и мебельная промышленность;
- энергетика

Рукавные фильтры являются наиболее универсальным видом пылегазоочистного оборудования, поскольку способны надёжно и эффективно работать практически во всех выделяющих пыль технологических процессах. Рукавные фильтры способны работать непрерывно и не требуют постоянного обслуживания.

К универсальности рукавных фильтров можно так же отнести тот факт, что рукавный фильтр с заданными характеристиками можно изготовить в нескольких конструктивных исполнениях, с различными габаритными размерами. В большинстве случаев существует возможность подобрать (либо разработать) конструкцию рукавного фильтра, с учётом размеров и ограничений существующего места под установку фильтра.

Фильтрующий материал и его обработка (антистатичная, водомаслооталкивающая и др.) подбираются в зависимости от условий эксплуатации рукавного фильтра и свойств, улавливаемых пылей. Экоаналитическая лаборатория НПП «Сфера» по анализу пыли в каждом конкретном случае помогает выбрать оптимальный фильтровальный материал и вид его обработки.

В качестве фильтрующих элементов в рукавных фильтрах используются рукава, пошитые из нетканого иглопробивного материала. Применяются фильтрующие рукава двух конструкций:

- круглой конструкции ($\varnothing 135$ мм) для фильтров с вертикальным расположением рукавов;
- эллипсной конструкции, используются как для фильтров с горизонтальным, так и с вертикальным размещением фильтрующих рукавов.

Срок службы фильтрующих рукавов в рукавных фильтрах в среднем составляет 2–3 года, а в отдельных случаях может достигнуть 6-ти и более лет эффективной работы. Своевременная замена фильтрующих рукавов является гарантией эффективной работы рукавного фильтра, а появление более современных фильтрующих материалов позволяет обеспечить актуальность рукавного фильтра, – при снижении экологических норм по остаточной запылённости, в будущем.

Автономность работы и работоспособность рукавных фильтров обеспечивает система регенерации фильтрующих элементов.

Наиболее надёжной и эффективной системой регенерации фильтрующих элементов является импульсная регенерация.

Импульсная регенерация производится сжатым воздухом, предварительно осушенным и очищенным от масла, влаги и пыли, давлением 0,35–0,6 МПа. Расход сжатого воздуха, подаваемого на регенерацию фильтроэлементов обычно не превышает 0,1 % от объёма очищаемого газа. Регенерация фильтрующих элементов производится автоматически, без остановки рабочего цикла.

В зависимости от условий эксплуатации рукавный фильтр может быть изготовлен в одном из двух режимов системы регенерации:

- режим «ON LINE» – традиционный, «щадящий режим» когда процесс регенерации фильтрующих рукавов происходит параллельно с процессом очистки газа на этих же фильтрующих элементах;

- режим «OFF LINE» – для особо тяжёлых условий эксплуатации. Режим предусматривает секционное изготовление корпуса рукавного фильтра и предусматривает отключение одной из секций работающего фильтра на время регенерации. Фильтры в режиме регенерации «OFF LINE» могут быть изготовлены с возможностью полного отключения каждой секции рукавного фильтра (как со стороны выхода чистого газа, так и со стороны входа запылённого газа) с целью проведения регламентных работ или работ по замене фильтрующих рукавов на работающем фильтре.

Импульсная регенерация может выставляться как по дифманометру (по перепаду давления), так и по таймеру.

Фильтры с импульсной регенерацией составляют основную номенклатуру нашего предприятия. При этом по индивидуальным проектам изготавливаются рукавные фильтры с обратной продувкой и фильтры с механическим встряхиванием.

Как производится расчет фильтров для очистки газов можно наглядно рассмотреть на примере все того же рукавного фильтра. Основной характеристикой данного аппарата является общая поверхность его тканевых рукавов ($F_{ог}$), которая рассчитывается по следующей формуле:

$$F_{об} = z\pi dH,$$

где z – общее количество всех рукавов фильтра;

d – диаметр тканевого мешка (рукава);

H – высота рукава.

Ввиду того, что при работе фильтра какая-то часть его рукавов не участвует в процессе очистки газа, так как отключается на регенерацию (восстановление), то общую площадь рукавов рассчитывается следующим образом:

$$F_{об} = F_{\phi} z / (z - z_p),$$

где F_{ϕ} – расчетная поверхность фильтрации;

z_p – количество рукавов, которые проходят регенерацию.

Для фильтров с одной секцией можно принять $z_p = (0,15 - 0,20)z$.

Расчетную поверхность фильтрации можно определить по формуле:

$$F_{\phi} = V/w,$$

где V – объем расхода газа, который поступает в фильтр;

w – допустимая скорость фильтрации газа через мешки (рукава). Это скорость, при которой гидравлическое сопротивление фильтра, который заполнен газом, достигает самой максимальной допустимой величины. Ее находят экспериментально (как правило, w составляет $1 \cdot 10^{-2}$ м/с).

ВЫВОДЫ

В данной работе были рассмотрены теоретические аспекты очистки дымового газа от несгоревшей коксовой пыли и диоксида серы. Остуженный и очищенный от вредных веществ дымовой газ через дымовую трубу выбрасывается в атмосферу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Котлер, В. Р., Беликов, С. Е. Экологические характеристики отопительных и промышленных котлов малой мощности // Теплоэнергетика. – № 6. – 1998. – С. 38–42.

2 Каменский, М. П., Грига, А. Д., Метод оптимизации снижения выбросов оксидов азота. – М. : Теплоэнергетика, – 2000. – № 7. С. 68–71.

3 ТОО «ПНХЗ», Технологический регламент установки прокатки кокса ТОО «ПНХЗ» // ТР-П-61.07-095. – Павлодар, 2011. – С. 73–75.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Т. А. Прозорова¹, Е. А. Равдал²

ПМХЗ коксты технологиялық пештерін түтіндік газдарынан тазарту

¹С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

²Павлодар мұнай-химия зауыты, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 18.09.17 баспаға түсті.

T. A. Prozorova¹, E. A. Ravdal²

Cleaning of flue gases of POOCR coke baking ovens

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

²Pavlodar Oil Chemistry Refinery, S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar. Material received on 18.09.17.

Мақалада атмосфераға зиянды заттардың шығарылуын азайту мақсатында Павлодар мұнай өңдеу зауытының кокстық пештерінің түтін газдарын тазалау жүйесі нақты міндет болып табылады. Мақсаты: Коксты пісіру пештерін түтін газын өңдеу жүйесін жасау.

Жұмыстың проблемасы: 1 Шығару және көптеген басқа өндірістік процестер нәтижесінде түтін газдары пайда болады. Олар құрамында көміртегі диоксиді, ерігіш қышқылдар (HCl) немесе фторланған сутегі (HF), сондай-ақ ауыр металдар, диоксиндер мен фурандардан тұрады. Жаңалықтар, өнімдер мен гашиш өнімдері дерлік қорытпалармен тиімді сіңеді, содан кейін басқа компоненттермен олар тазартылады және репликативті микроорганизмдер деп аталады.

2 Түтін газын тазалау жүйесі сүзгіш сүзгіден, салқындатушы мұнарадан және күкіртсіздендіру бағанынан тұрады. Бұл жүйенің негізгі функциясы күкірт диоксиді мен кокстықтың шаңынан тазартылмаған газды тазалау болып табылады. Атмосфераға түтін арқылы газдың зиянды заттарын салқындатып, тазартады.

The article presents the systems for cleaning flue gases of coke firing ovens of the Pavlodar oil chemistry refinery with the aim to reduce the emission of harmful substances into the atmosphere is an actual task.

The aim: To develop a system for flue gas treatment of coke baking ovens at Pavlodar oil chemistry refinery.

Objectives of the work: 1 As a result of incineration of waste and many other production processes, flue gases are formed. They often contain pollutants such as sulfur oxides ($SO_2 + SO_3$), hydrochloric acid (HCl) or hydrogen fluoride (HF), as well as heavy metals, dioxins and furans. Lime, hydrated lime and limestone based products effectively absorb harmful impurities, and in combination with other components, so-called polluting microorganisms are also removed.

2 The flue gas cleaning system consists of a bag filter, a cooling tower and a desulfurization column. The main function of this system is to clean flue gas from unburned coke dust and sulfur dioxide. Cooled and cleaned of harmful substances flue gas through a chimney is thrown into the atmosphere.

УДК 662.76

В. В. Рындин¹, Р. М. Дюсова², А. Е. Жумабеков³

^{1,2}к.т.н., профессор, кафедра «Механики и нефтегазового дела»;
²м.т.н., преподаватель; ³магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ²riza92@bk.ru

НАГНЕТАТЕЛИ ПРИРОДНОГО ГАЗА И ИХ РАСЧЁТ

На магистральных газопроводах для перекачки больших объёмов природного газа используют газоперекачивающие агрегаты (ГПА), состоящие из газотурбинной установки и центробежного нагнетателя. Основной задачей расчёта ГПА является определение его энергетических показателей работы, т.е. расходуемой мощности, коэффициента полезного действия, затрат топливного газа на компримирование с целью оценки технического состояния газоперекачивающего агрегата на основе нормативных отраслевых показателей и оценки эффективности принятых режимов работы. Такие расчёты производятся с использованием электронных таблиц (Excel). Запись программ, созданных в электронных таблицах, не является наглядной и проверить формулы и изменить их затруднительно даже самому разработчику программы. Этих недостатков лишена новая математическая система Mathcad.

В статье даётся анализ отличительных особенностей газоперекачивающих агрегатов. Написана программа расчёта центробежного нагнетателя в системе Mathcad, позволяющая автоматизировать расчёт центробежного нагнетателя и исследование режимов его работы. Цель статьи – привлечь внимание проектировщиков магистральных газопроводов к использованию в своих расчётах системы Mathcad.

Ключевые слова: нагнетатели природного газа, газоперекачивающий агрегат, система Mathcad, газотурбинные установки.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день газоперекачивающие агрегаты (ГПА), применяемые для компримирования газа на компрессорных станциях, по типу привода подразделяются на три основные группы: газотурбинные установки (ГТУ), электроприводные агрегаты (ЭГПА) и газомотокомпрессорные

установки (ГМК). К первой группе относятся ГПА с приводом центробежного нагнетателя от газовой турбины; ко второй – агрегаты с приводом от электродвигателя и к третьей группе – агрегаты с приводом от поршневых двигателей внутреннего сгорания, использующих в качестве топлива природный газ. К агрегатам первой группы – основного вида привода компрессорных станций – относятся: стационарные, авиационные и судовые газотурбинные установки.

Нагнетателями природных газов принято называть лопаточные компрессорные машины с отношением давлений при сжатии 1,1–1,3 (и более) и не имеющие специальных устройств для охлаждения газа в процессе его сжатия.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Все нагнетатели условно можно разделить на два класса: неполнонапорные (одноступенчатые) (рисунок 1) и полнонапорные (рисунок 2). Первые, имеющие степень сжатия в одном нагнетателе 1,25–1,27, используются при последовательной схеме компримирования газа на КС, вторые – полнонапорные, имеющие степень сжатия 1,45–1,51, используются при коллекторной схеме обвязки компрессорной станции.

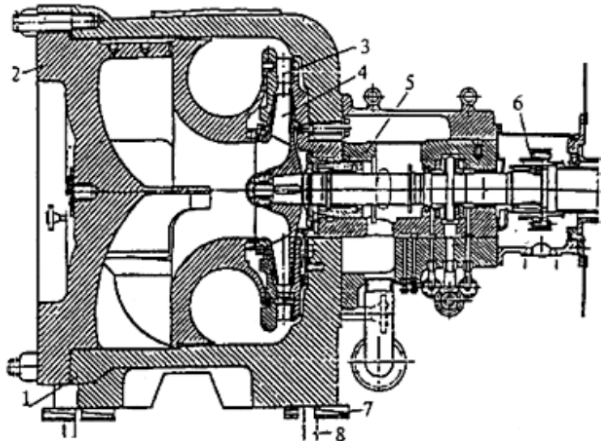


Рисунок 1 – Неполнонапорный одноступенчатый нагнетатель 370-18 агрегата ГТК-10-4

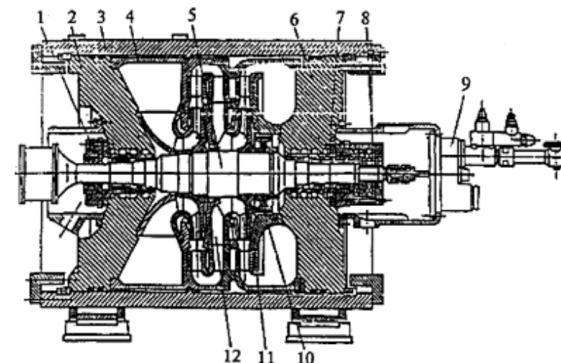


Рисунок 2 – Полнонапорный двухступенчатый нагнетатель НЦ-16/76 агрегата ГПА У16

Важной характеристикой нагнетателя является его подача. Применительно к газопроводу различают объёмную Q , м³/мин, массовую G , кг/ч и коммерческую подачу газа Q_k , млн м³/сут. Перевод одних величин в другие осуществляется с использованием уравнения Клапейрона с поправкой на сжимаемость газа z :

$$p v = zRT, \quad pQ = zGRT.$$

Коммерческая подача Q_k определяется по параметрам состояния во всасывающей трубке, приведённым к стандартным условиям ($T_{ст} = 293,15^\circ\text{K}$; $p_{ст} = 101\,325\text{ Па}$). Для определения коммерческой подачи используется уравнение Клапейрона для стандартных условий в виде:

$$p_{ст} v_{ст} = RT_{ст}; \quad Q_k = G / \rho_{ст}; \quad \rho_{ст} = p_{ст} / RT_{ст}.$$

Каждый тип нагнетателя характеризуется своей характеристикой, которая строится при его натурных испытаниях. Под характеристикой нагнетателей принято понимать зависимость степени сжатия ε , политропного КПД ($\eta_{пол}$) и удельной приведённой мощности (N_i / ρ_H) от приведённого объёмного расхода газа $Q_{пр}$. Строятся такие характеристики для заданного значения газовой постоянной $R_{пр}$, коэффициента сжимаемости $z_{пр}$, показателя адиабаты, принятой расчётной температуры газа на входе в нагнетатель T_B в принятом диапазоне изменения приведённой относительной частоты вращения $(n/n_0)_{пр}$. Типовая характеристика нагнетателя типа 370-18-1 приведена на рисунке 3. Характеристики других типов имеют такой же вид, как для неполнонапорных, так и для полнонапорных нагнетателей.

Пользуются характеристиками следующим образом. Зная фактические значения величин R , z , T , и n для данных условий, по соотношению (1)

$$\left(\frac{n}{n_0}\right)_{\text{пр}} = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{z_{\text{пр}} R_{\text{пр}} T_{\text{пр}}}{z_{\text{в}} R T_{\text{в}}}} \quad (1)$$

определяют приведённую относительную частоту вращения нагнетателя $(n/n_0)_{\text{пр}}$.

По известной степени сжатия находят приведённый объёмный расход газа $Q_{\text{пр}}$, по формуле (2)

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{в}} \frac{n_0}{n}, \quad (2)$$

а затем по соответствующим кривым (рисунок 3) определяют политропный КПД $\eta_{\text{пол}}$ и приведённую внутреннюю мощность нагнетателя $(N_i/\rho_{\text{в}})_{\text{пр}}$.

Расчётный приведённый расход газа $Q_{\text{пр}}$ для нагнетателей должен быть примерно на 10–12 % больше крайних левых значений расхода, соответствующего условиям начала срыва потока газа по нагнетателю (зоне помпажа). На рисунке 3 этому соответствует подача газа ~360 м³/мин.

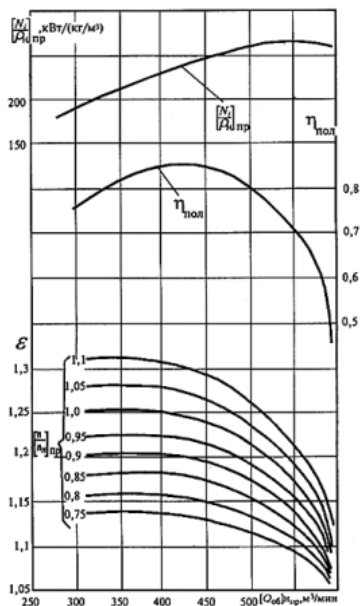


Рисунок 3 – Приведённые характеристики нагнетателя 370-18-1 при $[T_{\text{н,пр}}] = 288 \text{ К}$; $z_{\text{пр}} = 0,9$; $R_{\text{пр}} = 490 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$

Наличие приведённых характеристик при эксплуатации газотурбинного привода позволяет обслуживающему персоналу выбирать наилучший режим работы в зависимости от конкретных условий. Ниже дан пример расчёта центробежного нагнетателя типа 370-18-1 по методике ВНИИГАЗ [1] в системе Mathcad, последняя широко используется на кафедре механики и нефтегазового дела ПГУ им. С. Торайгырова.

Программа расчёта нагнетателя типа 370-18-1 в системе Mathcad.

Краткая инструкция по применению системы Mathcad изложена в монографии [3]; знак := (двоеточие и равно) означает действие присваивания; знак = (равно) показывает заданное ранее числовое значение величины или получаемое по формуле; для отделения десятичных от целых ставится точка, а не запятая; всё ниже написанное входит в содержание программы расчёта в системе Mathcad.

Дано:

Номинальная частота вращения ротора нагнетателя 370-18-1	$n_0 := 4800 \text{ мин}^{-1}$
Рабочая частота вращения ротора	$n := 4500 \text{ мин}^{-1}$
Начальное давление на входе в нагнетатель	$P_{\text{н}} := 5 \text{ МПа}$
Конечное давление на выходе из нагнетателя	$P_{\text{к}} := 5,9 \text{ МПа}$
Температура газа на входе	$T_{\text{н}} := 288,2 \text{ К}$
Удельная газовая постоянная природного газа	$R: 495 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Молярная газовая постоянная (универсальная)	$R_{\mu}: 8314,5 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Удельная газовая постоянная воздуха	$R_{\text{в}}: 287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Стандартные условия	$\rho_{\text{ст}} := 101325 \text{ Па}$ $T_{\text{ст}} := 293,15 \text{ К}$

Решение

Относительная плотность газа по воздуху

$$\Delta := \frac{R_{\text{в}}}{R} = 0,58.$$

Плотность воздуха при стандартных условиях

$$\rho_{\text{в,ст}} := \frac{P_{\text{ст}}}{R_{\text{в}} \cdot T_{\text{ст}}} = 1,2043 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Плотность газа при стандартных условиях

$$\rho_{\text{ст}} := \Delta \cdot \rho_{\text{в,ст}} = 0,698 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Псевдокритические температура и давление

$$T_{ПК} := 155.24 \cdot (0.564 + \rho_{ст}) = 195.954 \text{ К};$$

$$P_{ПК} := (0.1773 \cdot 26.831 - \rho_{ст}) = 4.059 \text{ МПа.}$$

Значения давления и температуры, приведенные к условиям на входе в нагнетатель

$$P_{ПР} := \frac{P_H}{P_{ПК}} = 1.232;$$

$$T_{ПР} := \frac{T_H}{T_{ПК}} = 288.2.$$

Коэффициент сжимаемости газа на входе в нагнетатель

$$z_H := 1 - \frac{0.0241 \cdot P_{ПР}}{1 - 1.68 \cdot T_{ПР} + 0.78 \cdot T_{ПР}^2 + 0.0107 \cdot T_{ПР}^3} = 0.881.$$

Плотность газа на входе в нагнетатель

$$\rho_H := \frac{P_H \cdot 10^6}{z_H \cdot R \cdot T_H} = 39.763 \text{ кг/м}^3.$$

Степень сжатия в нагнетателе

$$\epsilon := \frac{P_K}{P_H} = 1.18.$$

Задаём приведённые параметры на входе в нагнетатель согласно рисунку 3

$$T_{ПР} := 288 \text{ К}; \cdot z_{ПР} := 0.9; \cdot R_{ПР} := 490 \text{ Дж/(кг·К)}.$$

Приведённая относительная частота вращения ротора нагнетателя (визуализация подставляемых значений в формулу: $n=4500$ $n_0=4800$ $R=495$ $T_H=288.2$ $z_H=0.881$)

$$\left(\frac{n}{n_0}\right)_{ПР} := \frac{n}{n_0} \cdot \sqrt{\frac{z_{ПР} \cdot R_{ПР} \cdot T_{ПР}}{z_H \cdot T_H \cdot R}} = 0.942.$$

С использованием приведённой характеристики нагнетателя (рисунок 3) при найденных значениях $\epsilon = 1.18$ и приведённой частоте вращения 0.942 определяется приведенная объемная производительность (объемная подача)

$$Q_{ПР} := 505 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Приведенная относительная внутренняя мощность, потребляемая нагнетателем и его политропический КПД при $Q_{ПР} = 505 \text{ м}^3/\text{мин}$ по характеристике (рисунок 3) составят:

$$\left(\frac{N_i}{\rho_{ПР}}\right) := 310 \text{ кВт/(кг·м}^3); \quad \eta_{пол} := 0.8.$$

Обозначаем $N_{ПР} := 310 \text{ кВт/(кг·м}^3)$.

Фактическая производительность нагнетателя

$$Q := Q_{ПР} \cdot \frac{n}{n_0} = 473.438 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Объемный или «коммерческий» расход, приведенный к стандартным условиям, определяется соотношением

$$Q_K := \frac{1440 \cdot Q \cdot \rho_H}{\rho_{ст} \cdot 10^6} = 38.822 \text{ млн м}^3/\text{сут.}$$

Внутренняя мощность, потребляемая нагнетателем

$$N_i := \rho_H \cdot N_{ПР} \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 = 10156.7 \text{ кВт.}$$

Механические потери мощности в системе с ГПА, принимаемые в расчетах для этого типа агрегатов на уровне 100 кВт [2]

$$N_{мех} := 100 \text{ кВт.}$$

Мощность на муфте привода

$$N_e := N_i + N_{мех} = 10256.7 \text{ кВт.}$$

ВЫВОДЫ

1 Описаны особенности конструкции газоперекачивающих агрегатов, рассмотрены их виды.

2 Написана программа расчёта центробежного нагнетателя в системе Mathcad, позволяющая автоматизировать расчёт центробежного нагнетателя и проводить исследование режимов его работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Щуровский, В. А. и др. Методические указания по проведению теплотехнических и газодинамических расчётов при испытаниях газотурбинных газоперекачивающих агрегатов. – М. : ВНИИГАЗ, 1999. – 26 с. : ил.

2 **Козаченко, А. Н.** Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов / А. Н. Козаченко. – М. : Нефть и газ, 1999. – 463 с.

3 **Макушев, Ю. П.** Интегральное и дифференциальное исчисления в приложении к технике : монография / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова, В. В. Рындин, Т. Т. Токтаганов. – Павлодар : Кереку, 2013. – 330 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

V. V. Ryndin, R. M. Dyussova, A. E. Jumabekov

Табиғи газды сығымдағыштар және олардың есебі

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

V. V. Ryndin, R. M. Dyussova, A. U. Jumabekov

Superchargers of natural gas and their calculation

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Табиғи газды магистральдық газ құбыры газ айдау агрегаттары (ГАА) тепкіш компрессорын бастырмалатқышты орнату және газды-турбиналы тұратын үлкен көлемді айдау үшін пайдаланады. Оның негізгі міндеті ГАА есептеу энергетикалық жұмыс көрсеткіштерін айқындау болып табылады, нақты айтқанда пайдалы әсер коэффициентін тұтынатын қуатын, газды, шығындар мен тиімділігін бағалау негізінде қабылданған нормативтік техникалық жай-күйін бағалау мақсатында отынды тығыз басып газ айдау агрегаттың салалық көрсеткіштерінің жұмыс режимдері. Мұндай есептеу электрондық кестелерді пайдалану арқылы жүргізіледі (Excel). Жазба бағдарламалар мен тексеру үшін құрылған электрондық кестеде формулалар мен көрнекі болып табылмайды, тіпті құрастырушысының өзіне де бағдарламаларды өзгерту қиын. Жаңа математикалық жүйесі осы олқылықтарды Mathcad айырылады.

Мақалада газ агрегаттардың айрықша ерекшеліктері талдау беріледі. Бағдарламасы бастырмалатқышты Mathcad автоматтандыруға мүмкіндік беретін олардың жұмыс режимдерін бастырмалатқышты тепкіш компрессорын есебі жүйесінде жазылып тепкіш компрессорын есептеу және зерттеу. Мақаланың мақсаты – магистральдық газ құбырлары жобалаушыларын өз

пайдалану есен айырысу Mathcad жүйесін пайдалануға назарларын аудару.

On the main gas pipelines for transfer of large volumes of natural gas use the gas-compressor unit (GCU) consisting of gas-turbine installation and the centrifugal supercharger. A primal problem of calculation of GCU is definition of its power indices of work, i.e. the spent power, an efficiency, costs of fuel gas of compression for the purpose of assessment of technical condition of the gas-distributing unit on the basis of normative branch indices and assessment of effectiveness of the accepted duties. Such calculation are made with use of spreadsheets (Excel). Record of the programs created in spreadsheets is not visual, it is difficult to check formulas and to change them even to the developer of the program. The new mathematical Mathcad system is deprived of these shortcomings.

In the article the analysis of distinctiveness of gas-distributing units is given. The program of calculation of the centrifugal supercharger in the Mathcad system allowing to automate calculation of the centrifugal supercharger and a research of the modes of its work is written. The purpose – to draw an attention of designers of the main gas pipelines to use of the article is the Mathcad system in the calculations.

А. К. Серикбаев¹, С. Р. Масакбаева²

¹магистрант; ²к.х.н., ассоц. профессор (доцент), Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
е-mail: ¹anuar9092@mail.ru; ²sofochka184@mail.ru

**РАЗВИТИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА,
КАК ПЕРЕДОВОГО ПРОЦЕССА ГЛУБОКОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**

Приведены различные схемы процесса каталитического крекинга дистиллятного и остаточного сырья. Показаны основные тенденции и направления развития каталитического крекинга в ближайшем будущем, в том числе технологии, связанные с повышенным выходом низкомолекулярных олефинов. Для решения проблем с дефицитом светлых нефтепродуктов нельзя обойтись без новых технологий. Одной из которых является усовершенствование процесса каталитического крекинга. Существуют различные схемы процесса каталитического крекинга дистиллятного и остаточного сырья. Авторы детально рассмотрели развитие вторичного процесса переработки нефти и углубление выхода светлых нефтепродуктов на установках каталитического крекинга. Установки каталитического крекинга являются также поставщиком сырья для химической промышленности: из газойлей крекинга получают сажеевое сырье и нафталин, тяжелый газойль может служить сырьем для производства высококачественного «игольчатого» кокса.

Ключевые слова: каталитический крекинг, процесс.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время возможности нефтепереработки многих стран мира для удовлетворения растущих потребностей в моторных топливах за счет увеличения объемов добычи нефти практически исчерпаны. Для решения этой актуальнейшей проблемы представляют интерес следующие направления развития нефтепереработки, двигателестроения и потребления моторных топлив:

– углубление и химизация переработки нефти;

– оптимизация качества моторных топлив с целью расширения ресурсов и снижения фактического их расхода;

– применение альтернативных топлив.

Первое из перечисленных выше является основным направлением в современной мировой нефтепереработки и связано с разработкой и внедрением гибких технологических схем и совершенных высокоинтенсивных экологически безвредных термокаталитических и гидрогенизационных процессов глубокой переработки нефтяных остатков.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для глубокой переработки нефти с целью производства бензина основным процессом является каталитический крекинг, позволяющий из малоценного тяжелого сырья получать высококачественный компонент автобензина с октановым числом 85–93 (ИМ). При этом образуется значительное количество газа, богатого пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракциями (сырье для производства различных высокооктановых эфиров, алкилатов и других ценных компонентов моторного топлива). Установки каталитического крекинга являются также поставщиком сырья для химической промышленности: из газойлей крекинга получают сажеевое сырье и нафталин, тяжелый газойль может служить сырьем для производства высококачественного «игольчатого» кокса. Хотя, по сути, этот процесс аналогичен термическим процессам перераспределения водорода с образованием более гидрогенизированных целевых продуктов и обедненного водородом кокса, он существенно превосходит их по ряду показателей – более высокий выход и качество продуктов (особенно бензина) и отсутствие побочных продуктов, так как кокс сжигается в регенераторе.

За длительный период своего развития, начиная с 30-х годов, каталитический крекинг значительно совершенствовался как в отношении способа контакта сырья и катализатора (в стационарном слое, в движущемся слое шарикового катализатора, в «кипящем» слое микросферического катализатора в аппаратах с лифт-реактором), так и в отношении применяемых катализаторов (таблетированные на основе природных глин, шариковые синтетические алюмосиликаты, микросферические алюмосиликаты, в том числе цеолитсодержащие). Это позволило увеличить выход целевого продукта – от 30–40 до 50–70 % масс. максимально.

Достигнутый прогресс позволил вовлечь в переработку все более тяжелого сырья: если на первой стадии развития крекингу подвергали керосино-газойлевые фракции, а затем – вакуумные газойли, то за последние 20 лет разработаны установки использующие в качестве сырья нефтяные остатки: мазуты, деасфальтизаты и их смеси с вакуумными дистиллятами.

Каталитический крекинг тяжелого и особенно остаточного сырья сопровождается повышенным выходом кокса. Увеличение выхода кокса снижает выход целевого продукта бензина, а также селективность процесса, при этом возникает необходимость увеличения объема регенератора, а также утилизации избыточного тепла сгорания кокса, так как иначе нарушается тепловой баланс процесса. Высококипящие фракции не полностью испаряются при температурах крекинга, что также приводит к повышению выхода кокса при их переработке. Наряду с увеличением отложений кокса на катализаторе усиливается закоксовывание оборудования.

В связи с этим для крекинга тяжелого сырья были разработаны специальные катализаторы, обладающие улучшенной селективностью по выходу кокса. В них имеются поры большого диаметра – мезопоры (500 Å и более), что препятствует конденсации углеводородов в порах и их закупорках. В их состав входят цеолиты нового типа, характеризующиеся относительно небольшими скоростями реакций переноса водорода, вследствие чего уменьшается образование полиядерных соединений «предшественников» кокса.

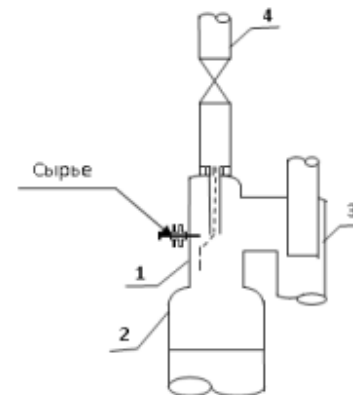
Одним из важных направлений для создания эффективных катализаторов крекинга остатков является совершенствование цеолитов. В настоящее время используются ультрастабильные, сверхвысококремнеземистые цеолиты, способствующие снижению выхода кокса.

Непосредственное крекирование тяжелых видов сырья является наиболее простым в техническом отношении способом. Однако присутствие в сырье примесей, которые дезактивируют катализатор, способствует интенсивному косообразованию, снижает селективность процесса и ухудшает качество вырабатываемых продуктов. Предварительная подготовка остаточного сырья повышает выход и качество продуктов, но удорожает процесс. Наиболее часто для облагораживания сырья каталитического крекинга используется сольвентная деасфальтизация с помощью различных углеводородных растворителей от C₃ до C₅ или их смесей, а также легких бензинов. Менее распространены процессы термоадсорбционной деасфальтизации с использованием контактов с крупными порами, малой поверхностью и низкой активностью. Полученные в результате этих процессов деасфальтизаты и дистилляты могут использоваться в качестве сырья для установок каталитического крекинга. В результате этих процессов происходит удаление смол и асфальтенов, достаточно глубокая деметаллизация и частичное обессеривание и деазотирование, что значительно облегчает последующую переработку каталитическими процессами.

Первая промышленная установка, специально предназначенная для крекинга остатков НОС фирмы Kellog была пущена в начале 60-х годов

20 века в США. На этой установке перерабатывали мазут с содержанием металлов 20–25 мг/кг. На аналогичных установках в США и странах Западной Европы в настоящее время перерабатывают смеси газойля с мазутом или гудроном (50 установок), причем доля остатка обычно не превышает 30 %. В связи с переходом на цеолитсодержащий катализатор эти установки были реконструированы с 1983 года на них перерабатывают гидроочищенный мазут или гудрон после подготовки на установках термоадсорбционной деасфальтизации (20 установок в разных странах).

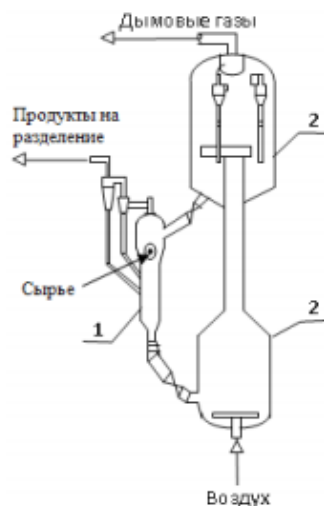
Фирма БАРКО разработала новую концепцию системы контактирования сырья с катализатором, где используются преимущества ультракороткого времени контакта. Эта система представляет собой радикальное отступление от системы с лифт-реактором, применяемым на установках каталитического крекинга. Применение такой системы с ультракоротким временем контакта сырья и катализатора в псевдооживленном слое известно под названием миллисекундный каталитический крекинг (MSCC). Процесс успешно внедрен на промышленных установках. Аппаратурное оформление представлено на рисунках 1, 2.



1 – реактор; 2 – отпарная колонна; 3 – первичный сепаратор;
4 – стоек регенерированного катализатора
Рисунок 1 – Принцип работы реактора MSCC

Сырье вводится перпендикулярно нисходящему потоку катализатора. Продукты реакции и катализатор переносятся в зоне реакции в горизонтальном направлении в первичный сепаратор, где и происходит разделение паров и катализатора. Помимо преимуществ короткого времени контакта, связанных с увеличением целевых продуктов, монтаж реакторов обходится дешевле, чем

системы с лифт-реактором. Так как реактор имеет относительно малые размеры, его можно полностью монтировать на заводе-изготовителе. Стоимость реакторно-регенераторного блока на 20–30 % дешевле, чем системы с лифт-реактором.



1 – реактор и отпарная секция; 2 – регенератор
Рисунок 2 – Компановка установки MSCC

В настоящее время разработаны процессы каталитического крекинга с новыми схемами движения потоков в реакторах, в частности с движением катализатора и паров сверху вниз (крекинг в нисходящих потоках сырья и катализатора) для обеспечения однородного движения без завихрений, сокращения времени контакта и устранения вторичных побочных реакций. При этом обеспечивается одинаковое время контакта для всех частиц сырья. В итоге увеличивается выход высококачественного бензина и пропилена.

Также разработана технология двухступенчатого крекинга, сочетающего ультрамягкий крекинг в реакторе первой ступени с высоким выходом бензиновых и дизельных фракций с малым содержанием ароматики, серы и азота и повторный жесткий крекинг остаточной фракции в реакторе второй ступени. Остаточная фракция может использоваться как рецикл с возвращением в поток исходного сырья.

Двухступенчатый крекинг используется для снижения содержания олефинов в бензинах с 40–60% до 10–35% об. В этом случае легкая нефтя с первой ступени направляется во вспомогательный реактор, где происходит гидрирование олефинов.

В последнее десятилетие резко возросла потребность в пропилене, как нефтехимическом сырье, что привело к его дефициту. Одновременно возросла потребность самих НПЗ в олефинах C3, C4, C5 в связи с расширением их использования для производства алкилатов, эфиров, полимеризатов, высококачественных бензинов нового поколения.

В 2010 году дефицит пропилена достиг 6 млн т/год. В то же время в ряде регионов, в частности в Европе, появился избыток мощностей по бензинам в связи с тенденцией к дизелизации автотранспорта. Это привело к созданию новых модификаций каталитического крекинга с повышенным выходом пропилена:

- жесткий крекинг в сочетании с дополнительным паровым крекингом за пределами лифт-реактора;
- крекинг с рециклом части науглероженного катализатора и др.

Кроме того в последние годы широкое распространение получили специальные присадки к катализаторам, способствующие повышению выхода легких олефинов в результате вторичных реакций крекинга олефинов бензиновых фракций на бутилены и пропилен. Одна из таких присадок под маркой «SuperZ» выпускается фирмой Intercat (США). Ее использование обеспечивает суммарный выход углеводородов C3–C4 – 33 %, а пропилена до 13 %.

Например процесс PetroFCC фирмы UOP (США) осуществляется на катализаторе со специальными присадками и с рециклом науглероженного катализатора с целью увеличения выхода легких олефинов (особенно пропилена) и ароматики. Реакторно-регенераторный блок данной установки представлен на рис. 3.



Рисунок 3 – Реакторно-регенераторный блок установки каталитического крекинга PetroFCC

Главной особенностью этого процесса является использование рецикла науглероженного катализатора. Эта технология основана на том, что современные катализаторы, несмотря на закоксованность, еще сохраняют существенную активность, причем в ряде случаев характеристики таких науглероженных катализаторов более предпочтительны, чем свежих, содержащих точки с экстремальной активностью. Как правило, кокс откладывается на более активных центрах, а катализатор становится более мягким и селективным. По технологии RexCat часть потока закоксованного (науглероженного) катализатора из секции десорбции с температурой около 530 °С направляется не в регенератор, а по обводной линии снова на вход лифт-реактора (в смесительную камеру), где смешивается с регенерированным катализатором с температурой около 700 °С, снижая общую температуру смеси. В итоге повышается степень конверсии, увеличивается селективность и возможность гибкого регулирования конечных продуктов, особенно в направлении увеличения выхода пропилена и ароматики для нефтехимии, а также для производства высокооктановых компонентов и полимербензинов. Выход продуктов по данной технологии составляет: этилена 12 % об., пропилена до 35 % об, бутиленов до 20 % об., бензола и п-ксилола – до 20 % об., газойля и остатка – до 13 % об.

Фирмами JCCP (Япония) и Saudi Aramco (Саудовская Аравия) был разработан процесс HSFCC – каталитический крекинг с увеличенным выходом пропилена, проводимый в реакторе с нисходящим потоком сырья и катализатора, при повышенных температурах, коротком времени контакта сырья и катализатора и высоком отношении объема катализатора к объему сырья. Реакторно-регенераторный блок этой установки представлен на рисунке 4.

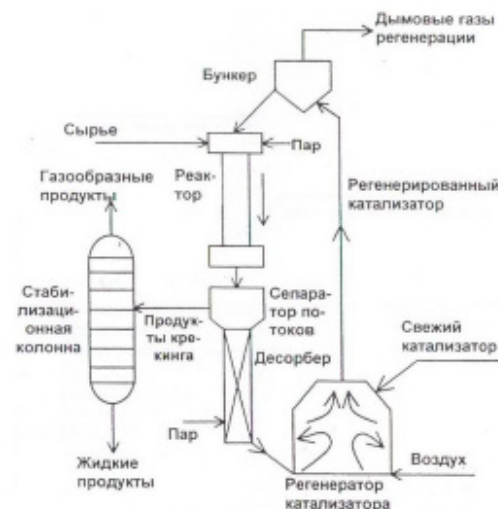


Рисунок 4 – Реакторно-регенераторный блок установки каталитического крекинга JCCP

Также имеются установки одноступенчатого крекинга в кипящем слое катализатора с частичным термическим крекингом, двухступенчатого крекинга с рециклом части нефти во вспомогательный лифт-реактор. Они также направлены на повышение выхода олефинов (особенно пропилена) с выходом пропилена до 24 %.

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации установок каталитического крекинга выявил широкие возможности усовершенствования отечественных установок «флюид». Имеются значительные ресурсы вакуумных дистиллятов, поэтому пока ограничиваются внедрением новых и модернизацией устаревших элементов реакторно-регенераторного блока с целью повышения производительности, углубления процесса, увеличения выхода бензина, селективности, стабильности катализатора, уменьшения его расхода, охраны окружающей среды. Всего этого можно достичь при использовании катализаторов нового поколения – ультрастабильных, высококремнеземистых цеолитсодержащих или алюминофосфатных, переходом на крекинг в лифт-реакторе при повышенной температуре и сокращенном до 2–4 с времени, подачей водяного пара и применением ультразвуковых форсунок для равномерного напыления на частицы катализатора мелких капель жидкого сырья по всему сечению лифт-реактора, двухступенчатой регенерацией катализатора.

ВЫВОДЫ

Решение проблемы углубления переработки нефти до 85% к 2020 году будет определяться наличием углубляющих процессов, освоения новых технологий для вовлечения в глубокую переработку нефтяных остатков, в том числе каталитического крекинга. Для достижения этих показателей необходимость построить НПЗ смесь установок каталитического крекинга с предварительной гидроочисткой исходного вакуумного газойля.

Казахстан располагает всеми основными условиями для развития указанных процессов, в том числе и достаточно квалифицированными кадрами. Закон «О государственной поддержке прямых инвестиций» дает огромные преимущества инвесторам, предоставляя льготы и преференции при реализации проектов, создающих новые производства и рабочие места, повышающих уровень технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Сафин, З. И.** Комплексная оценка нефтеперерабатывающих заводов и заводов по переработке тяжелых нефтей и природных битумов / З. И. Сафин, А. Ф. Кемалов, Р. А. Кемалов, Н. А. Терентьева // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2011. – Т. 14. – № 9. – С. 188–191.

2 **Козин, В. Г.** Современные технологии производства компонентов моторных топлив: учебное пособие / В. Г. Козин, Н. Л. Солодова, А. И. Абдуллин, Н. Ю. Башкирцева. – Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 328 с.

3 **Henz, H.** Re-invent FCC / H. Henz // Hydrocarbon Processing. – 2004. – № 9. – С. 41–48.

4 New FCC catalyst // Hydrocarbon Processing. – 2006. – № 3. – С. 29–35.

5 **Knight, J.** Maximize propylene from your FCC unit / J. Knight, K. Mehlberg // Hydrocarbon Processing. – 2011. – № 9. – С. 91–95.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

А. К. Серикбаев, С. Р. Масакбаева

Каталитикалық крекингті терең мұнай өңдейтін алдыңғы қатарлы процесс ретінде дамыту

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

А. К. Serikbaev, S. R. Masakbaeva

Development of catalytic cracking as an advanced process of deep oil refining

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Дистиллятты және қалдық шикізатты каталитикалық крекинг процесінің түрлі схемалары келтірілген. Жақын болашақта каталитикалық крекингті дамытудың негізгі үрдістері мен тенденциялары, соның ішінде төмен молекулалық салмақты олефиндердің өнімділігіне байланысты технологиялар көрсетіледі. Ашық мұнай өнімдерінің жетіспеушілігімен проблемаларды шешу үшін Сіз жаңа технологияларсыз айналысмайсыз. Олардың бірі каталитикалық крекинг процесін жетілдіру болып табылады. Дистиллятты және қалдық шикізатты каталитикалық крекингтің түрлі схемалары бар. Авторлар мұнай өңдеудің қосалқы процесінің дамуын және каталитикалық крекинг қондырғыларында жеңіл мұнай өнімдерінің кірістілігін тереңдетуді қарастырды. Каталитикалық крекингтік қондырғылар химия өнеркәсібіне арналған шикізатты жеткізуші болып табылады: жарылған шикізат пен нафталин майдаланған майлардан өндіріледі, ауыр мұнай газы жоғары сапалы «шине» кокс өндіру үшін шикізат ретінде қызмет ете алады.

The various schemes of catalytic cracking process of distillate and residue feedstock are presented. The primary trends and development pathways of catalytic cracking are considered in the near future, including technologies for high light olefins production. To solve problems with a shortage of light oil products, you can not do without new technologies. One of which is the improvement of the catalytic cracking process. There are various schemes of catalytic cracking of distillate and residual raw materials. The authors considered in detail the development of the secondary process of oil refining and the deepening of the yield of light petroleum products in catalytic cracking units. Catalytic cracking plants are also a supplier of raw materials for the chemical industry: cracked raw materials and naphthalene are produced from cracked oils; heavy gas oil can serve as raw material for the production of high-quality «needle» coke.

А. Д Смаилова¹, В. В. Рындин²

¹магистр, ведущий инженер отделения обеспечения качеством ЦЗЛ-ОТК, АО «Казахстанский электролизный завод», г. Павлодар; ²к.т.н, профессор, кафедра «Механики и нефтегазового дела», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар
e-mail: ainelya_1991@mail.ru

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ ПРИ СМЕНЕ РЕЖИМА РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

При проектировании магистрального нефтепровода насосное оборудование подбирается таким образом, чтобы при расчётной пропускной способности трубопровода рабочая точка системы «насосные станции – трубопровод» лежала в рабочей зоне насосов, то есть в области их максимального КПД. В этом случае работа насосов будет экономичной и затраты энергии на перекачку нефти будут минимальными. Однако по ряду причин положение рабочей точки системы «насосные станции – трубопровод» выходит за пределы экономической зоны работы насосов, что приводит к перерасходу энергии на транспортировку нефти. В связи с этим смещение рабочей точки в область высоких КПД насосов при изменении режима работы нефтепровода является актуальной задачей эксплуатации магистральных нефтепроводов.

В статье дан анализ причин изменения технологических параметров магистральных нефтепроводов, описаны методы регулирования режимов работы нефтепровода и предлагается метод, снижающий затраты энергии на перекачку нефти по магистральному нефтепроводу.

Ключевые слова: энергия, магистральный нефтепровод, методы регулирования режимов, частота вращения, коэффициент полезного действия.

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация магистрального нефтепровода характеризуется определенным режимом работы. Под режимом работы предполагается совокупность значений технологических параметров: пропускной способности трубопровода (расхода) и давления в трубопроводной системе.

Исходя из анализа классификаций методов регулирования режима работы нефтеперекачивающих станций (НПС) можно выделить основные факторы, непосредственно влияющие на изменение нагрузки на рабочих колесах центробежных насосов:

- ритмичность работы поставщиков и потребителей нефти;
- колебания плотности и вязкости при перекачке нефтей различных месторождений и разноразных нефтепродуктов, а также вызванные сезонными изменениями температуры грунта в зонах залегания трубопровода;
- уменьшение внутреннего диаметра трубопровода в результате отложения парафиновой корки;
- изменение схемы включения насосов, подключения резервуаров;
- ремонтные планово-предупредительные и внеплановые работы, связанные с аварийными ситуациями на нефтеперекачивающих станциях и линейной части магистрального трубопровода;
- пропуск очистных устройств.

Такая классификация наиболее полно отражает факторы, которые возникают в период эксплуатации трубопроводных систем и влияют на режим их работы. В зависимости от этих факторов изменяется режим течения нефти по трубопроводу, что приводит к смещению рабочей точки системы «НПС-нефтепровод» и к необходимости её регулировки для поддержания рабочей точки в зоне высоких КПД магистральных насосных агрегатов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исходя из анализа причин изменения технологических параметров магистральных нефтепроводов, можно заключить, что при эксплуатации систем трубопроводного транспорта существует неравномерность режима работы данных систем, выраженная в изменении расхода и давления в нефтепроводе во времени.

При проектировании магистрального нефтепровода на основании технико-экономического обоснования выбирается метод регулирования режима работы магистрального нефтепровода. Необходимость регулирования режима работы системы «нефтеперекачивающие станции – магистральный нефтепровод» обусловлена экономией энергии на перекачку единицы объема (массы) нефти по магистральному нефтепроводу.

Смысл регулирования состоит в том, чтобы напорные характеристики Н магистрального нефтепровода и (НПС) пересеклись в рабочей зоне. Данная точка системы определяет рабочие точки отдельных насосов, входящих в систему.

Описание методов регулирования режима работы магистрального нефтепровода приводится во многих трудах, связанных с исследованием и описанием систем трубопроводного транспорта [2–5].

В частности, существует классификация методов регулирования режима работы НПС, способы их осуществления и анализ эффективности их применения в конкретных условиях эксплуатации.

Исходя из уравнения баланса напоров, для магистральных нефтепроводов, методы регулирования можно разделить на методы, связанные с изменением параметров НПС, и методы, связанные с изменением параметров магистрального трубопровода (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1 методы, связанные с изменением параметров нефтеперекачивающих станций, основываются на регулировании характеристик магистрального насосного оборудования нефтеперекачивающих станций, а методы, связанные с изменением параметров трубопровода, основываются на изменении гидравлического сопротивления трубопровода.



Рисунок 1 – Методы регулирования режимов работы нефтепровода, исходя из уравнения баланса напоров

Методы регулирования режимов работы нефтепровода можно также классифицировать по степени плавности регулирования: на методы плавного и ступенчатого регулирования (рисунок 2).

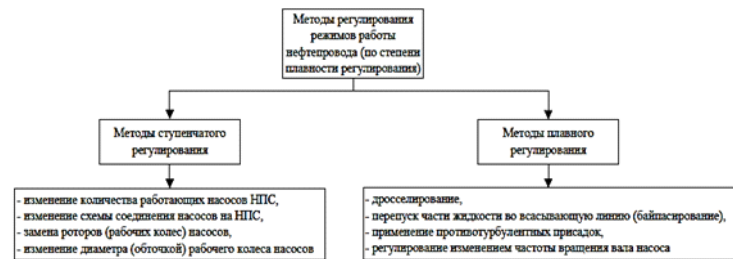


Рисунок 2 – Методы регулирования режимов работы НПС по степени плавности регулирования

Изменение количества работающих насосов и изменение схемы соединения насосов на НПС. Данные методы являются ступенчатыми и задают варианты строго дискретного изменения расхода и давления. Для вариантов включения работающих магистральных насосов рассчитываются рабочие режимы. Кроме этого, необходимо учитывать крутизну гидравлических характеристик участков магистральных нефтепроводов, работающих при такой схеме регулирования.

Если рассматривать геодезические условия трассы магистрального нефтепровода, то для равнинного расположения магистрального нефтепровода и НПС наиболее приемлемым, с точки зрения энергоэффективности, является последовательное соединение центробежных насосов, а на НПС перед участком с большим статическим перепадом следует устанавливать полнапорные насосы, включённые параллельно.

Данный метод управления характерен высокими потерями электроэнергии на переключение между режимами и относительно низким КПД ввиду того, что производительность насосов, равная производительности трубопровода, далека от значения номинальной производительности, при которой достигается максимальный КПД насоса.

Замена и изменение диаметра (обточкой) рабочего колеса насосов. Большинство магистральных центробежных насосов укомплектовано сменными рабочими колесами на 0,5; 0,7 и 1,25 от номинальной подачи, которые имеют различные гидравлические характеристики. Такой метод регулирования насосов нельзя считать плавным, так как частая смена колес насосов практически невозможна.

Метод регулирования обточкой рабочих колес центробежных насосов заключается в уменьшении (обточкой) наружного диаметра рабочих колёс. Данный метод имеет большой недостаток – нельзя вернуть прежний диаметр рабочего колеса, кроме того, обточка не допускается более чем на 20 %, в этом случае КПД падает не более чем на 1–3 %.

Дросселирование. Регулирование режима работы НПС дросселированием состоит в изменении сопротивления потоку жидкости путем сужения площади его поперечного сечения при помощи регуляторов давления, установленных на узлах регулирования НПС. Дросселирование осуществляют в напорном трубопроводе, так как дросселирование во всасывающем трубопроводе связано с возможностью возникновения кавитации [1].

Данный метод регулирования неэкономичен, т.к. НПС непроизводительно развивает излишний напор, что увеличивает стоимость транспорта нефти. Потери при дросселировании могут достигать 15–20 % от мощности затраченной электроэнергии на привод насосов [2].

Метод дросселирования целесообразно применять для насосов, имеющих пологую напорную характеристику, причем потери энергии на дросселирование не должны превышать 2 % энергос затрат на перекачку.

Перепуск части жидкости во всасывающую линию (байпасирование). Метод регулирования перепуском (метод байпасирования) состоит в перепуске части жидкости с выхода насоса вновь на его вход. При этом происходит изменение характеристики трубопроводной системы, на которую работает насос и изменяется месторасположение рабочей точки НПС. Это влечёт за собой изменение режима работы нефтепровода и дополнительные потери энергии. При этом производительность нефтепровода всегда только снижается. В практике эксплуатации систем магистральных нефтепроводов данный метод применяется редко, и обычно приемлем на головных НПС, где пропуск осуществляется через резервуары [2].

Применение противотурбулентных присадок. Уменьшить гидравлическое сопротивление магистрального нефтепровода за счёт гашения турбулентных пульсаций. Но при прохождении через центробежные насосы НПС структура противотурбулентных присадок разрушается.

Регулирование изменением частоты вращения вала насоса.

Одним из наиболее эффективных и прогрессивных методов регулирования является регулирование скорости вращения рабочих колес нефтяных магистральных центробежных насосов.

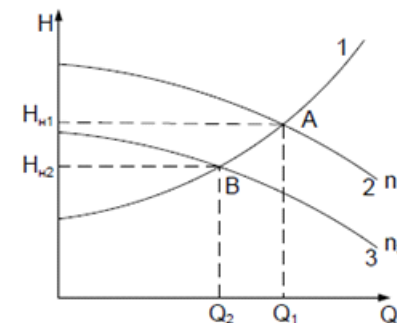
При проектировании нефтепроводной системы, предназначенной для транспортировки товарной нефти с месторождений до объектов развитой транспортной инфраструктуры, предполагается, с целью обеспечения устойчивой и надежной работы магистральных насосов в начальный период эксплуатации, использовать на НПС регулируемый привод магистральных насосов. При этом планируется регулировка частоты вращения ЦН в диапазоне от 60–70 % до 100 % [3]. Метод изменения частоты вращения основан на теории подобия центробежных машин:

$$\frac{Q_{н1}}{Q_{н2}} = \frac{n_1(\omega_1)}{n_2(\omega_2)}; \frac{H_{н1}}{H_{н2}} = \left(\frac{n_1(\omega_1)}{n_2(\omega_2)}\right)^2; \frac{N_{н1}}{N_{н2}} = \left(\frac{n_1(\omega_1)}{n_2(\omega_2)}\right)^3 \quad (1)$$

где $Q_{н1}$, $H_{н1}$ и $N_{н1}$ – подача, напор и потребляемая мощность магистрального насоса, соответствующая частоте вращения рабочего колеса n_1 (угловой скорости ω_1);

$Q_{н2}$, $H_{н2}$ и $N_{н2}$ – то же при частоте вращения рабочего колеса n_2 (угловой скорости ω_2).

При уменьшении частоты вращения характеристика насоса изменится и рабочая точка сместится из положения А в В (рисунок 3).



1 – линия подобных режимов; 2 – напорная характеристика магистрального насоса при частоте вращения n_1 ; 3 – то же при частоте вращения n_2

Рисунок 3 – Совмещённая характеристика нефтепровода и насоса при изменении частоты вращения вала рабочего колеса

При регулировании режима работы НПС изменением частоты вращения рабочего колеса насосов происходит изменение $H-Q$ характеристик ЦН без изменения КПД. Точнее, при смещении напорной характеристики центробежного насоса пропорционально смещается характеристика КПД (рисунок 4). Поэтому этот метод более экономичный, но его реализация требует дополнительных капитальных затрат на приобретение и монтаж оборудования, с помощью которого можно менять частоту вращения рабочего колеса.

Применение данного метода на НПС систем магистральных нефтепроводов позволяет облегчить синхронизацию работы станций и избежать гидравлических ударов в нефтепроводе.

Изменение частоты вращения рабочего колеса центробежного насоса возможно осуществить в следующих трех случаях:

- применение двигателей с изменяемой частотой вращения (газовая турбина);
- установка на валу насосов специальных муфт с регулируемым коэффициентом проскальзывания (гидравлических, электромагнитных, токовихревых);
- применение преобразователей частоты переменного тока электродвигателей.

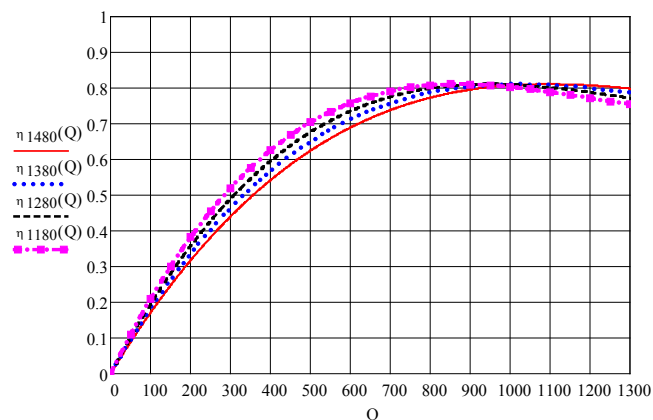


Рисунок 4 – $Q\eta$ -характеристики центробежного насоса для четырёх частот вращения рабочего колеса (1480, 1380, 1280, 1180 мин⁻¹)

Как видно из рисунка, максимумы характеристик $Q\eta$ для различных частот вращения равны, но соответствуют различным подачам насоса. Следует отметить, что изменять частоту вращения в широких пределах нельзя, так как при этом существенно уменьшается КПД насоса от номинального значения.

В настоящее время преобразователи частоты могут управлять электродвигателями по двум каналам, путем изменения частоты и напряжения. Напряжение может регулироваться двумя способами: амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ) напряжения в звене постоянного тока и широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) выпрямленного напряжения с помощью ключей инвертора.

ВЫВОДЫ

- 1 Дан анализ методов регулирования режимов работы нефтепроводов.
- 2 Наибольшими преимуществами обладает метод регулирования изменением частоты вращения, так как применение данного метода на НПС систем магистральных нефтепроводов позволяет облегчить синхронизацию работы станций и избежать гидравлических ударов в нефтепроводе.
- 3 Частотно-регулируемый привод в магистральных насосных агрегатах целесообразно применять при большой неравномерности перекачки нефти по трубопроводу в течение года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Адоевский, А. В. Моделирование работы нефтепроводов, оборудованных системами сглаживания волн давления: автореф. дис. канд. технич. наук: 25.00.19 / А. В. Адоевский. – М., 2011. – 23 с.
- 2 Богданов, Р. М. Диагностика потребления электроэнергии в трубопроводном транспорте нефти [Электронный ресурс] / Р. М. Богданов // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 3.
- 3 Караев, М. А. Работа центробежных насосов на вязких жидкостях / М. А. Караев. – Баку : АГНА, 2005. – 175 с.
- 4 Бувальый, Г. Е. Как управлять транспортировкой нефти / Е. Г. Бувальый // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2007. – С. 84–85.
- 5 Вайншток, С. М. Трубопроводный транспорт нефти, в 2 т. / С. М. Вайншток. – М. : Недра, 2002. – Т. 1. – 407 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

А. Д. Смаилова¹, В. В. Рындин²

Магистральды мұнай құбырының жұмыс режимін өзгерту кезінде энергия шығынын төмендету

¹«Қазақстан электролиз зауыты», АҚ, Павлодар қ.;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

A. D. Smailova¹, V. V. Ryndin²

Reducing energy costs when changing the operation mode of the main oil pipeline

¹JSC «Kazakhstan Electrolysis Plant», Pavlodar;

²S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 18.09.17.

Магистральдық мұнай құбырын жобалау кезінде сорғы жабдықтары осылайша іріктеледі, бұл өткізу қабілетінің есеп айырысуында құбырдың жұмыс нүктесінің жүйесі «құбыр сорғы станциясы» сорғылардың жұмыс аймағында, яғни олардың максималды ПЭК-і жатуы тиіс. Бұл жағдайда сорғылардың жұмысы үнемді болады және мұнай айдауға арналған энергия шығындары төмен болады. Алайда, «құбыр сорғы станциясы» жұмыс нүктесі жүйесінің ережесі үнемді сорғылар жұмысының аймағы бірқатар

себептер бойынша, яғни, мұнай тасымалдаудағы энергияның артық жұмсалуына байланысты, шегінен шығады. Осыған байланысты, жоғары ПӘК сорғылары аймағындағы жұмыс нүктесінің ығысуы мұнай құбырының жұмыс режимін өзгеруі кезінде магистральдық мұнай құбырларын пайдалану өзекті міндеті болып табылады.

Мақалада магистральдық мұнай құбырларының технологиялық параметрлерінің өзгеру себептеріне талдау жасалған, мұнай құбырының жұмыс режимін реттеу әдістері сипатталып және магистральдық мұнай құбыры арқылы мұнай айдаудағы энергия шығынын төмендету әдісі ұсынылады.

In the design of trunk pipeline the pumping equipment is selected in such a way that the estimated throughput of the pipeline the operating point of the system «pumping station – pipeline» lays in the working area of the pump, i.e. in the region of their maximum efficiency. In this case, the pump will be an economical and energy costs of pumping oil will be minimal. However, for several reasons, the working point of the system «pumping station – pipeline» beyond economical zone of operation of the pumps, which leads to a waste of energy to transport the oil. In this regard, the displacement of the working point into the high efficiency of the pumps when changing the operating mode of the pipeline is an actual problem of exploitation of trunk oil pipelines.

The article gives an analysis of the reasons for changing the technological parameters of the main oil pipelines, describes methods for regulating the operating modes of the oil pipeline, and suggests a method that is based on energy savings for pumping oil through the main oil pipeline.

ӨОЖ 621.35

Г. М. Тютөбаева¹, Н. Ә. Байкен²

¹т.ғ.к., аға оқытушы, ²магистрант, Энергетикалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.
e-mail: ¹galia_t59@rambler.ru; ²baiken_n_94@mail.ru

АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ ЖЫЛУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖОЛДАРЫ

Мақалада Астана қаласының жылумен қамтамасыз ету жүйесінің жағдайы, негізгі кемшіліктері және оларды шешу жолдары сипатталады. Қаланың негізгі жылу көздері, жылу электр орталықтары жайлы мәліметтер көрсетілген. Елорданы жылумен қамтамасыз етіп тұрған ЖЭО-1 және ЖЭО-2 негізгі қондырғылары, қазіргі жағдайы жайында айтылады. Астана қаласының ыстық су және жылумен қамтамасыз етуді жүзеге асыратын «Астана-Теплотранзит» жұмысы жайында баяндалады. Жылу магистралдарының жағдайы және олардан кететін жылу жоғалтулар баяндалады. Жылумен қамтамасыз етуді оңтайландыру мақсатында: жылу оқшаулағышы бар құбырлар қолдану технологиясы, гимараттарды жылу оқшаулау, жылу энергиясын автоматты есептеуге ауыстыру, жылыту жүйесін сапалық реттеу әдісінен мөлшерлік реттеу әдісіне ауыстыру қарастырылады. Жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің жылу оқшаулағыштарының түрлі сипаттамалары көрсетілген.

Кілтті сөздер: жылумен қамтамасыз ету жүйесі, жылу электр орталығы, жылу магистралдары, жылу оқшаулағышы.

КІРІСПЕ

Қазіргі ХХІ ғасырдың талабына қарай энергияны үнемді пайдалану Қазақстанның басты мақсаттарының бірі болып есептеледі. Елімізде жылу мен электр энергиясын комбинирленген негізде жылу электр орталықтарында (ЖЭО) өндіру кең етек алған. Жылу энергиясын ЖЭО-нан бөлек, өндірістік және коммуналдық қазандықтарда, жылыту пештері шығарады. Қазақстанның жылумен қамту жүйесі жылу магистральдары, энергетикалық қондырғылар мен жабдықтар, қазандықтар, ЖЭО-ы құраған, негізінен, Кеңес Одағынан мұраға қалған болып келетін ресурстар болып есептеледі.

Астана қарқынды дамып келе жатқан қала. Климаты шұғыл континенталды. Астана қаласының жылумен қамту жүйесінің көздері ЖЭО-1, ЖЭО-2 және қазандықтар болып саналады. Келешекте олардың қатарына ЖЭО-3 қосылады деген жоспар бар. Негізгі қондырғылар өзінің энергетикалық ресурсын сарқыған және шаршаған қалып кешуде. ҚазСтат мәліметі бойынша 2016 жылдың 1 мамырында қала халқының саны 880191 адамды құраған. Сол жылдың 4 шілдесі күні 1 миллионыншы тұрғыны дүниеге келгендігі жайлы, елбасымыз Н. Ә. Назарбаев ресми түрде хабарлады. Бар-жоғы 3 ай ішіндегі өсу қарқынының жоғары болуы, өз кезегінде, жылу көздеріне деген сұраныстың жоғарылауының себептерінің бірі. Қаланың жылулық сұранысының көбеюіне тұрғын-үйлердің салынуы да өз әсерін тигізбей қоймайды. Астана қаласының ресми сайты ақпараты бойынша 2016 жылы 13373 пәтерлі тұрғын-үй эксплуатацияға берілді. Астана қаласының статистика департаменті, қолданысқа берілген үйлер 2016 жылы 1 млн. 491 мың шаршы метр құрады деген ақпарат берген. Бұл 2015 жылдың қаңтар-тамыз айларына қарағанда 24,5 % артық. Жеке үй салатын саладағы ұйымдардың мәліметі бойынша 120064 шаршы метр тұрғын-үйлер салынған. 2015 жылдың қаңтар-тамыз айларында қолданысқа берілген үйлер 2,6 % , ал 2016 жылы 8,1 % дейін ұлғайған [1]. Өндірістік салаларда даму үдерісінен өтуде. Бұл ретте, жылумен қамтамасыз ету жүйесіне өзгерістер мен жаңалықтар енгізу және дамыту негізгі қадам болып саналады.

Жылумен қамтамасыз етудің эффективтілігін көтеру 2013 жылдың 29 тамызында Қазақстан Республикасының Үкіметінің № 904 қаулысымен бекітілген, «Энергия үнемдеу–2020» бағдарламасына сай жүргізіледі. Бағдарламада жылудың негізгі көздерін таңдауға үлкен көңіл бөлінген, бұл жылумен қамту жүйесінің энергоэффективті жобалануы кезіндегі жауапты міндет болып саналады [2].

«Энергия үнемдеу–2020» бағдарламасы жылумен қамту жүйесінің техникалық, технологиялық, құқықтық, экономикалық және ұйымдастыру жүйесін құрумен қатар, олардың бір-бірімен байланысын, қолданып жүрген ресурстардың көлемін азайту, оның ішінде жылумен қамтуға жұмсалатын пайдалы эффективтілікті сақтай отырып, отын ресурсын азайтуға бағытталған.

Жылумен қамтамасыз етудің шығындары қаланың климаттық ерекшеліктеріне байланысты болады. Астана қаласының жылыту маусымы шамамен 7 айға жуық аралықты қамтиды. Ыстық сумен қамтамасыз ету жыл бойына жүргізіледі.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Жылумен қамтамасыз етудің жұмысын оңтайландыру бірқатар міндеттерді шешуден тұрады. Міндеттер келесідей:

- сыртқы жылу жүйелерінің эксплуатациясы;
- жылу энергия қондырғыларында су-химиялық режимін қалыптастыра отырып ұстап тұру;
- заманауи әдістерді қолданумен жылу жүйелерін реконструкциялау.
- орталық жылу пункттерінің қондырғыларында және жылу жүйелерінде реттеу жұмыстарын кезекті және кезектен тыс жүргізу;
- жылу жүйелерінің құбыр жолдарында жүргізілетін, жөндеу, қалпына келтіру жұмыстары;
- ескірген құбыр жолдарының қалпына келтіру технологиясы;
- жылу пункттері және жылу жүйелерінде техникалық құжаттандыру жүргізу және ұйымдастыру (өзінің ресурсын тауысқан қондырғының жұмыс жасау мерзімін ұзарту)

- жылу энергиясының өлшемінің дұрыстығы, жылу энергиясының автоматтандырылған өлшеу жүйесін қолдану
- жылу пункттерінің эксплуатациясының эффективтілігін жоғарылату мақсатында жылу пункттеріндегі қондырғылардың жұмысы режимдерін оңтайландыру. Энергия үнемдегіш қондырғылар қолдану [3].

«Астана-Теплотранзит» АҚ 1965 жылдың 1 наурызында құрылған Целиноград қаласының жылу жүйелері басқармасының базасында 2004 жылдың 4 қарашасында тіркелген, астананың маңызды кәсіпорындарының бірі болып саналады.

01.01.17 ж. қызмет көрсетілетін жылу жүйелерінің жалпы ұзындығы 696,66 км құрайды, оның ішінде:

- су жылу жолдарының ұзындығы 687,88 км құрайды;
- бу жолдарының ұзындығы 8,78 км құрайды.

Жылу жүйелерінің жұмысының гидравликалық режимін қамтамасыз ету үшін, сорғылық станциялар қондырылған:

- № 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9 – тура және қайтатын құбыр жолдарында,
- № 8, 10, 11 – қайтатын құбыр жолдарында.

6671 есептеу қондырғылары қондырылған, оның ішінде қаланың аймақтары бойынша:

- Есіл – 1246;
- Сарыарқа – 2208;
- Алматы – 3217.

Астана қаласының қазіргі жылумен қамту жүйесі екі негізгі бағыттармен ұсынылған:

- ЖЭО-1 және ЖЭО-2 орталықтанған жылумен қамту (жылу және электр энергияларын комбинирлі өндіру);
- Орталықтанбаған жеке жылу көздері (өндірістік және коммуналдық қазандықтар, жылыту пештері).

Астана қаласының орталықтанған жылумен қамту жүйесі 1960 жылдардың басында ЖЭО-1 базасында құрыла бастады. 1970 жылдарда Целиноград қаласында өндіріс пен тұрғын үйлердің көбеюіне байланысты жылу көздерінің даму талабы пайда болды. Қазақ ССР-нің энергетика және электрмен қамту министрствосының шешімімен Целиноград қаласында электрлік қуаты 240 МВт (3×ПТ-80/100 – 130/15 және БКЗ-420-140) жаңа ЖЭО-2 салу жөнінде шешім қабылдады. 1979 жылы «ВНИПИЭнергопром» орталықазиялық бөлімі жобасы бойынша ЖЭО-2 бірінші энергоблок іске қосылды. 1983 жылы ЖЭО-2 I кезегінің құрылысы аяқталды. 1992 жылы ЖЭО-2 II кезегінің жоба құрамында № 5 ст. БКЗ-420-140 қазандығы арқылы кеңейтілу жүзеге асты. Кеңес Одағы таратылғаннан кейін экономикалық жағдайдың өзгеруіне байланысты ЖЭО-2-де құрылыс-монтаж жұмыстары тоқтатылды.

Қатты отын (Екібастұз көмірі) түрімен жұмыс жасайтын ЖЭО-1 және ЖЭО-2 негізінен жердің үсті арқылы орындалған магистральдық жылу жүйелері қаланың оң жағалауын жылумен қамтамасыз етті. ЖЭО-2 мен ЖЭО-1-ді байланыстырушы жылумагистралінің салынуы ЖЭО-2-дегі заманауи қондырғылар арқылы базалық режимде жылу мен электрэнергиясының комбинирленген өндіру есебінен экономикалық тұрғыдан жылулық жүктеменің орнын толтыруға септігін тигізді және ЖЭО-1-дегі қондырғылар жүктемесіне әсерін азайтуға қол жеткізілді. Байланыстырушы жылумагистралінің бар болуы жазғы маусымда ЖЭО-1-ді толық тоқтатуға және ЖЭО-2 көмегімен ыстық сумен қамтамасыз етуді жүзеге асырғызды.

Қарқынды дамудан өтіп жатқан Қазақстанның астанасының жылуэнергетикалық комплексінің алдағы уақытта дамуы әкімшілік бекіткен «2010-2020 жылдар аралығындағы Астана қаласының жылумен қамтамасыз ету схемасы» және Үкімет бекіткен «2030 жылға дейінгі Астана қаласының Генералдық жоспарының даму корректировкасы» жоспары анықтайды. Генералдық жоспар бойынша 2030 жылға қарай халық саны (1 220 мың адам) және бір адамға шаққанда тұрғын-үймен орташа қамтамасыз ету 30 кв. м-ге негізге алынған.

Қаланың өсіп келе жатқан жылу және электр энергиясына қажеттілігін қамтамасыз ету үшін 2006 жылы желтоқсан айында КазНИПИЭнергопром жобасы бойынша Астана ЖЭО-2 № 4 ст. Т-120/130-130-8 турбоагрегаты, 2008 жылы қаңтарда № 6 ст. БКЗ-420-140-5 қазандығы эксплуатацияға берілді.

2012 жылы ЖЭО-2 КазНИПИЭнергопром жұмыс документациясы бойынша жүргізілген төрт қазандық құрамында № 1-4 ст. КВ-Т-139,6-150 қатты отын түрімен жұмыс жасайтын су жылытатын қазандық эксплуатацияға берілді. ЖЭО-2 су жылытатын қазандықтың көмір қоймасының механизациясы үшін роторлы көтергіш-түсіргіш машина орнатылды.

2013 жылдың бас жағындағы жағындағы жағдай бойынша ЖЭО-2-де орнатылған электрлік қуат 360 МВт, жылулық – 1580 Гкал/сағ құрайды. 2008 жылдан бастап КазНИПИЭнергопром жасаған және бекіткен жобасының жұмыс документациясы бойынша ЖЭО-2-н № 5,6 ст. Т-120/130-130-8 МО екі турбоагрегаты, башнялық типтегі № 7,8 ст. БКЗ-550-13,8-560 КТ екі қазандығы және № 5,6 ст. КВ-Т-139,6-150 су жылытқыш қазандықтармен кеңейту мен реконструкцияланды. Бұл жобаның аяқталуы мен ЖЭО-ның электрлік қуаты 600 МВт, жылулық қуаты – 2190 Гкал/сағ құрады.

Қазіргі уақытта КазНИПИЭнергопром жобасы бойынша қатты отын түрімен (екібастұз көмірі) жұмыс жасайтын ЖЭО-3 салынып бітуге жақын. Астана қаласында ЖЭО-3 салыну қажеттілігінің туындауына себеп болған, ЖЭО-2-мен қатар қаланың орталық бөлігіне жылу беретін ЖЭО-1-дегі қондырғылардың жағдайының ауыр болуы. Электрлік қуаты 240 МВт, жылулық қуаты – 860 Гкал/сағ құрайтын ЖЭО-3 құрылысы 2 кезекпен салынуы қарастырылуда.

Құрылыстың I кезегі: № 1-4 ст. 120 Гкал/сағ-тан су жылытқыш қазандықтар.

Құрылыстың II кезегі: № 1,2 ст. Е-550-13,8-560 ЦКС қазандықтары; № 1,2 ст. Т-120/130-130 турбоагрегаты.

I кезектің жобасы бойынша су жылытатын қазандық құрылысымен қатар 1-ші және 2-ші кезектер үшін ЖЭО-3-тің барлық өндірістік инфраструктурасының, оның ішінде, теміржол станциясы, сыртқы инженерлік жүйелер, отын тарату объектілері, су дайындау ғимараты, қосымша құрылыстар мен ғимараттар, административтік ғимарат және инженерлік коммуникациялар құрылысы жүреді [4].

ЖЭО-да жылуды шығаруға қондырғының техникалық және эксплуатациялық жағдайы, негізгі және қосымша қондырғылардың ескіруі салдарынан тіркелген қуаттың төмендеуі, жобада көрсетілмеген отынды жағу жоғары отын шығындарының негізгі себептері болып табылады. Өндірістік кәсіпорындарда жылу жүктемелерін өшіру және азайту, олардың өзінің жылу көздеріне қосылуы, болжамды жылу қуатының шығындарының пайда болуына әкелді.

Осылайша, энергияны үнемдеу үшін ЖЭО-нан орталықтанған жылумен қамту жүйесін оңтайландыру керек.

Тұтынушыларды орталықтанған жылумен қамту жүйесі ЖЭО-1 және ЖЭО-2 арқылы жүзеге асырылады. 150–70 °С температурадағы ыстық су жылу тасымалдағыш болып табылады. Бу параметрлері: ЖЭО-1-ден қысымы 2,5 атм., температурасы 250 °С және ЖЭО-2-ден 13 атм. қысыммен, температурасы 300 °С болып табылады. Қазіргі уақытта орталықтанған жылумен қамту аясында қаланың тұтынушыларын магистралды және ішкі

кварталды жылу жүйелері арқылы жылумен қамтамасыз ету жүргізіледі. Ол «Астана-Теплотранзит» АҚ балансында және қызмет көрсетуінде болады.

Жылу жүйелерінің эксплуатациясын АО «Астана-Теплотранзит» жүзеге асырады. Болат құбырлардың диаметрі 50 мм мен 1000мм аралығында болады. Құбыр жолдарының эксплуатациясының пайдалы уақыты 16–25 жыл кұрайды. Қаланың оң жақ жағалауының жылу жолдары құбыр жолдары жердің үсті арқылы жүргізілген. Құбыр жолдарының жердің үсті арқылы жүргізілуі кезінде құбырлардың беткі қабатының алынуы, конструкцияның тұтастығына, жылу изоляциясына кері әсерін тигізеді. Бұл жоғары жылу жоғалтуларға әкеліп соқтырады. Жылу жолдарының жер асты арқылы жүргізілуі агрессивті топырақ және жер асты суларының әсерінде болады. Бұл құбырлардың жарамдылық мерзімін қысқартады [5].

Жылу жүйелерінің үлкен ара-қашықтықты алып жатқанын ескере отырып жаңа технологияларды қолданған жөн. Астана қаласының жылу жүйелерін жобалау барысында орнатылған жылу оқшаулағыш жүйесімен жабдықталған алдын-ала оқшауланған құбыр жолдарын салған жөн. Өйткені, бұрынғы болат құбырлар қоршаған орта факторлары, жер-асты сулары, дренажды жүйенің болмауы және т.б. себептерге байланысты жылу жоғалтуларға бейім болып келеді.

Қолданыстағы жылу жүйелері территориялар бойынша өтеді, олардың негізгі бөлігі болашақта көпқабатты ғимараттар салынатын жерлерге түсіп отырады. Бұл жылу жүйелерінің реконструкциясына (монтаж және демонтаж) шығындарының ұлғаюына әкеліп соғады.

Жылутасымалдағыштың жоғалуы арқылы жүйеде жылу шығыны жоғары болу мүмкіндігі бар. Жылу жүйесінің құбыр жолдары және оларға қосылған ғимараттардың жергілікті жылыту жүйелеріндегі су көлемінің жыл бойына орташа сағаттық жоғалуы 0,25 %-ға тең деп қабылданады. Бүкіл жылутасымалдағыштың көлемінен жоғалудың есептік (максималды) сағаттық көрсеткіші 0,5 % деп қабылданады.

Көпшілік жылу жүйелері судың температурасы бойынша жылу энергиясының жіберілуін сапалық реттеуге ие. Жылыту жүйесін сапалық реттеу әдісінен мөлшерлік реттеу әдісіне ауыстыру циркуляциялық жүйелік сорғылардың жетегіне электр энергиясының 65 % үнемдеуге қол жеткізуге әкеледі.

Жеке реттеуі бар автоматты жылу пункттерін қолдану үйлерді жылытуға кететін жылу шығындарын үнемдеуге, үйлердің жергілікті су толуларды азайтады. Жылу шығындарын автоматты реттеу жылытудың 20 %-ға дейінгі энергияны үнемдеуді қамтамасыз етеді [6].

Ғимараттарды жылытуға шығындалатын жылудың үлкен бөліктік мөлшерін ескере отырып, тасымалдау кезінде салыстырмалы үлкен жылу шығындары,

ғимараттар жылуизоляциясын жоғарылату және жылу трассаларында шығындарды азайту мәселелері үлкен маңызға ие. Пенополистиролдан, пенополиуретаннан, түрлі пластмассалардан оқшаулағыш-материалдар жасау, талап етілетін жылуалмастырғыш қодырғылардың шығарылуын, реттеу және бақылау-өлшегіш қондырғыларын кеңейту қажет.

Кесте 1 – Жылу жүйелерінің оқшаулағыштарының түрлі сипаттамалары кестесі

№	Көрсеткіш	Өлшем	Оқшаулағыш материал				
			Полиэтилен кабаты бар пенополиуретан	Армо пенобетон монолитті автоклавты	Мин Вата	Пено полимер бетон	Фенолды поро Пласт
1	Жылуөткізгіштік Коэффициенті	Вт/мК	0,033	0,05	0,05	0,07	0,058
2	Келтірілген жылулық жоғалтулар, $Q_{\text{факт}} / Q_{\text{норм}}$	-	1,0	1,6	1,6	1,7	1,6
3	Тығыздығы	кг/м ³	95	200	100	400	110
4	Қалыпты жылу төзімділік	°С	150	180	300	150	180
5	Қанығу Ылғал	30 тәуліктегі %	6	70	70	6	70
6	Сығылу беріктігі	Мпа	0,4	0,8	-	0,5	1,2
7	Орташа қызмет көрсету мерзімі	Жыл	25-30	10-15	8-10	25-30	5-10
8	Әлемдегі жүргізілген жүйелердің жалпы санының бөлігі (шамамен)	%	80	-	20	-	-

Ғимараттардың жылу изоляциясын дамытумен энергия үнемдеуге қол жеткізуге болады. Қоршау конструкцияларында жылудың бөліктік шығындары сметалыққа қарағанда: тұрғын ғимараттарда 25–40 % және қоғамдық ғимараттарда 40–50 % асып кетеді. Жылуды тасымалдау кезінде нақты шығындар 13 % құраса, нормативті шығындар – 5–6 % құрайды. Ғылыми айшықталған жылумен қамтамасыз етуде жылу шығындарының нормаларын енгізген маңызды.

Жылутасымалдайтын құбыр жолдарының жылу оқшаулағышының күшеюі, желдеткіштік шығарындылардың жылуын қолдану, балкон есіктері, терезелердің ашық жерлерін ауа өткізгіштігін төмендетумен қатар, қоршау конструкцияларының жылу оқшаулағыш қасиеттерін жоғарылату үнемдеудің үлкен резерві болып табылады.

Желдеткіштік шығулардың жылуын утилизациялау энергияны үнемдеуге әсер етеді. Бұл төмен потенциалды жылуды утилизациялау үшін жылуалмастырғыштар шығарылған. Олар желдеткіштік шығыстардың жылуының 65–80 % қайтаруға мүмкіндік береді. Мұндай жылуалмастырғыш қондырғылар желдету жүйесінің тәулік бойы немесе ұзақ уақытты жұмыс істейтін немесе төмен потенциалды жылу айтарлықтай көп мөлшерде шығатын өндірістік объектілерде қондырылуы керек [7].

Жылыту жүйелері мен қондырғыларды жаңғырту қажет:

- пәтерлік (бөлмелік) жылу реттеуге көшу (энергияны 15 % үнемдейді)
- жылу есептегіш және жылу өлшегіштер қолдану
- жұмыс уақытынан тыс бөлмелерде температураны төмендету (15–20 % үнемдеу)
- тұрғын-үйлерде ыстық сумен қамту және жылыту үшін жылу генераторлардың конструкцияларын дамыту (отын шығыны 15–20 % төмендейді)
- аз қабатты ғимараттарда судың қысымын төмендету (жоғалулар есебінен су шығыны 20–22 % құрайды), қысым реттегіштерді қолдану.

ҚОРЫТЫНДЫ

Астана қаласының жылумен қамтамасыз ету эффективтілігін көтеру мақсатында жылу энергиясын өндіру, тасымалдау және қолдану кезеңінде комплекстік шаралар өткізу қажет.

Алдын-ала оқшауланған құбырлар құбыр жолдарының сыртқы коррозиясынан зақымдануы мүмкіндігін 80 %-ға дейін азайтуға болады. Бұл құбырлар жылу энергиясының жоғалтуларын оқшаулағыш арқылы 2–3 есе, құбыр жолдарының жағдайын қарау бойынша эксплуатациялық шығынын азайтады. Салыну уақытын 2–3 есе төмендетеді, каналды салынумен салыстырғанда құбыр жолдарын салу кезінде капиталды шығындарды 1, 2 есе төмендейді. Алдын-ала оқшауланған құбырлар 130 °C дейінгі температурада жылу тасымалдағыштың ұзақ уақыт аралығы әсеріне және 150 °C температураға дейінгі аз уақыт аралығы әсеріне төзімді. Мұндай жылу оқшаулағышы бар жылу жүйесіндегі құбырлар 30 жыл көлемінде қызмет жасауы мүмкін.

Тұрақты негізде жұмыс атқаратын, жұмыс кадрлары және инженер-техникалық қызметкер квалификациясын көтеретін және дайындайтын республикалық оқу орталығын мақсатты түрде ашу қажет.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Новости законодательство информация. Информационный портал // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: zakon.kz.

2 Закон Республики Казахстан. Об энергосбережении и повышении энергоэффективности. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа – <http://adilet.zan.kz>, свободный (дата обращения 10.02.2017)

3 **Борисова, Н. Г.** Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнике. – Алматы : АИЭС, 2006. – 134 с.

4 **Корженецкий, А., Гуцалюк, Л., Валькова, А., Молчанова, Л.** О системе централизованного теплоснабжения г. Астаны / Энергетика. – 2013. – № 1(44). – С. 38–40.

5 **Койшибаев, Т.** Отчет «Существующее положение тепло-снабжения в г. Астана» // Проект ПРООН/ГЭФ «Устранение барьеров для повышения энергоэффективности коммунального теплоснабжения». Астана, 2007. – 24 с.

6 **Ключников, А. Д.** Энергетика теплотехнологии и вопросы энергосбережения. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.

7 Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие. – М. : Стройиздат, 1990. – 624 с.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Г. М. Тютөбаева, Н. А. Байкен

Современное состояние и пути совершенствования системы теплоснабжения г. Астаны

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

G. M. Tyutebaeva, N. A. Baiken

Current state and ways to improve the heat supply system in Astana city

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana.

Material received on 18.09.17.

В статье описывается состояние систем теплоснабжения, основные недостатки и их пути решения г. Астаны. Докладывается состояние тепловых магистралей и их тепловые потери. Описывается основные объекты ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, которые обеспечивают теплоснабжение столицы. Докладывается о работе «Астана-Теплотранзит», который обеспечивает контроль и сервис обслуживания на подачу горячей воды и теплоснабжение в г. Астане. С целью совершенствования теплоснабжения рассматривается применение труб с теплоизоляцией, теплоизоляция зданий,

автоматическое регулирование расхода теплоты, перевод системы отопления с качественного на количественный метод регулирования.

Показаны различные характеристики тепловых изоляторов систем теплоснабжения. Важность использования теплоизоляционных материалов: пенополистирол, пенополиуретан, различные теплоизоляторы из пластмасс. Предложить открытие республиканских центров обучение и повышение квалификации сотрудников инженеров.

The article describes the state of heat supply systems, the main shortcomings and their solutions to the city of Astana. The state of thermal mains and their heat losses are reported. The main facilities of CHPP-1 and CHPP-2, which provide heat supply to the capital, are described. It is reported on the work of «Astana-Teplotranzit», which provides control and service for the supply of hot water and heating in Astana. In order to improve the heat supply, the use of pipes with thermal insulation, thermal insulation of the building, automatic regulation of heat consumption, the transfer of the heating system from a qualitative to a quantitative method of regulation is considered.

Various characteristics of thermal insulators of heat supply systems are shown. Importance of using heat insulation materials: expanded polystyrene, polyurethane foam, various heat insulators from plastics. To offer the opening of republican centers training and professional development of engineers.

УДК 621.3

Г. М. Тютеебаева¹, А. С. Жағыпар²

¹к.т.н., ст. преподаватель; ²магистрант, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана
e-mail: ¹galia_t59@rambler.ru; ²altynbek_27.94@mail.ru

ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

В статье представлены важнейшие направления энергосбережения, направления снижения удельных расходов топлива на ТЭС, а также приведен ряд организационно-технических мероприятий по энергосбережению, которые способствуют дальнейшему улучшению использования топливно-энергетических ресурсов Казахстана. В частности показаны возможности энергосбережения в топливно-энергетическом комплексе, такие как: использование парогазовых энергоустановок с газификацией угля; строительство ЛЭП повышенной пропускной способности; использование тепловых насосов для целей централизованного теплоснабжения, использование эффективных теплоизоляционных материалов теплопроводов; увеличение использования вторичных энергетических ресурсов за счет утилизации теплоты уходящих газов ГТУ нагнетателей магистральных газопроводов; использование теплоты ТЭЦ в летнее время, при централизованной выработке холода в системах кондиционирования воздуха в зданиях.

Рассмотрены организационно-технические мероприятия энергосбережения.

Показана эффективность воздействия эксплуатационных факторов на экономические характеристики котлоагрегатов. Перечислены основные направления снижения удельных расходов топлива на ТЭС и развития угольных технологий.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, тепловые электрические станции, потенциал энергосбережения, КПД.

ВВЕДЕНИЕ

Энергосбережение и повышение энергоэффективности – прежде всего реализация организационных, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов в стране [1].

Реализация энергоэффективной политики является в настоящее время одним из основных инструментов модернизации промышленности, жилищно- коммунального хозяйства и транспортного сектора. Успешная политика энергосбережения и повышения энергоэффективности обеспечивает энергетическую и экологическую безопасность страны. Кроме того, обеспечение повышения энергоэффективности стимулирует внедрение новых инновационных технологий и решений.

Так как увеличение выработки электроэнергии в настоящее время производится за счет загрузки существующих тепловых электростанций, то рост потребления топливных ресурсов, и как следствие, удельных затрат, подтверждает имеющиеся проблемы со значительным износом основного оборудования и использованием неэффективных технологий при производстве энергии.

Из-за физического износа и выработки паркового ресурса оборудования электростанций, достигающего в РК 60 %, «разрыв» между установленной и располагаемой мощностью достиг 21 тыс. МВт, в 2014 году он увеличится на 5,7 тыс. МВт. За счет реализации проектов по модернизации и реконструкции существующих генерирующих мощностей планируется сократить этот разрыв до 2 тыс. МВт [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В мае 1996 года Правительство Республики Казахстан одобрило разработанную Министерствами энергетики и угольной промышленности и экономики программу энергосбережения в стране и план первоочередных мероприятий ее реализации. Главная цель проведения государственной политики энергосбережения – снижение удельных расходов всех видов энергоносителей на единицу продукции, работ и услуг при сохранении эффекта от их использования.

Таблица 1 – Энергоемкость ВВП по видам конечной энергии в 2000 г.

Виды энергии	Абсолютная, ГДж/тыс. дол		
	Мир	Европа	Казахстан
Электрическая	1,42	1,47	3,6
Тепловая	4,51	3,29	12,57
Механическая	0,51	0,48	1,08
Химическая	0,33	0,44	0,703
Всего	6,77	5,68	17,95

Топливо-энергетический комплекс располагает большими возможностями в области энергосбережения за счет:

- теплофикации;
 - демонтажа и модернизации устаревшего оборудования;
 - совершенствования привода компрессоров газопроводов.
- На сегодняшний день важнейшими направлениями энергосбережения в топливо-энергетическом комплексе являются:
- расширение применения используемых, создание и внедрение новых типов маневренных конденсационных и теплофикационных электростанций;
 - внедрение парогазовых энергоустановок с внутрицикловой газификацией угля;
 - строительство линий электропередач высокого и сверхвысокого напряжения повышенной пропускной способности (с пониженными потерями электроэнергии) постоянного и переменного тока, с усовершенствованной геометрией расположения проводов, оптимальными токовыми нагрузками;
 - использование тепловых насосов для целей централизованного теплоснабжения, эффективных теплоизоляционных материалов для канальных и бесканальных теплопроводов;
 - использование новых технологических процессов и оборудования;
 - совершенствование внутриотраслевой производственной структуры путем централизации электро-, тепло- и газоснабжения потребителей, увеличение использования комбинированных способов производства и преобразования энергоресурсов;
 - увеличение использования вторичных энергетических ресурсов за счет утилизации теплоты уходящих газов ГТУ нагнетателей магистральных газопроводов и сбрасываемой в конденсаторы турбин теплоты электростанций;
 - создание систем с использованием теплоты ТЭЦ в летнее время, при централизованной выработке холода в системах кондиционирования воздуха в зданиях [3].

Важными и менее затратными являются организационно-технические мероприятия энергосбережения:

- контроль и учет за расходом электроэнергии;
- демонтаж, реконструкция и модернизация физически и морально устаревшего оборудования электростанций и котельных;
- совершенствование уровня эксплуатации и улучшение технологии и качества ремонтных работ;
- реконструкция тепловых сетей с целью уменьшения потерь тепла за счет улучшения теплоизоляционного покрытия, оснащения их средствами автоматического регулирования и учета;
- совершенствование процессов сбора, хранения, транспортировки и переработки нефти, конденсата и природного газа;
- снижение затрат энергии на подготовку топлива к транспортировке [4].

Таблица 2 – Основные направления снижения удельных расходов топлива на ТЭС

Мероприятия	Снижение удельного расхода топлива, г/кВт·ч
Модернизация конденсационных энергоблоков и оборудования неблочных электростанций, демонтаж физически изношенного оборудования	5,2
Повышение использования тепловой мощности теплофикационного оборудования действующих ТЭЦ и увеличение уровня централизованной теплофикации жилищно-коммунального хозяйства	4,5
Ввод и освоение крупных высокоэкономичных энергоблоков на закритические параметры, уменьшение производства электроэнергии на низкоэкономичном оборудовании	3,8
Доведение до проектных показателей работы действующего и вновь вводимого энергетического оборудования	1,5
Итого	15,0

Следующее направление энергосбережения при производстве тепло- и электроэнергии – снижение всех видов потерь.

Основными потенциальными возможностями повышения КПД котлов являются:

- улучшение эксплуатационных циклов работы котлов (регулирование нагрузки);
- повышение технологического обслуживания (качество механических связей, регулирующих количество подаваемого топлива и воздуха, работа контрольно-измерительных приборов котла, регулирование тонины помола угля, чистота котельных труб, поверхностей нагрева, качество изоляции и т.д.);
- улучшение регулирования процесса горения (оптимальный уровень избытка воздуха, контроль расхода воздуха и кислорода газоанализатором);
- установка теплоутилизационного оборудования (использование экономайзеров, воздухоподогревателей и усилителей турбулентности потоков);
- сведение к минимуму радиационных потерь;
- улучшение конструкций горелок;
- уменьшение расхода электроэнергии в связанных с работой котлов вспомогательных системах;
- применение новых режимов работы котлов.

Таблица 3 – Эффективность воздействия различных эксплуатационных факторов на экономические характеристики котлоагрегатов

Мероприятие	Экономия топлива, %	Перерасход топлива, %
1	2	3
Снижение присосов воздуха по газовому тракту котлоагрегата на 0,1 %	0,5	-
Увеличение коэффициента избытка воздуха в топке на 0,1 %	-	0,5
Установка водяного экономайзера за котлом	5-6	-
Применение за котлоагрегатом установок глубокой утилизации тепла, использования скрытой теплоты парообразования уходящих дымовых газов	до 12	-
Применение вакуумного деаэратора	1	-
Отклонение содержания CO ₂ в уходящих дымовых газах от оптимального значения на 1 %	0,6	-
Снижение температуры отходящих дымовых газов на 10 % для сухих и влажных топлив	0,6 и 0,7	-
Превышение температуры питательной воды на входе в барабан котла на 10 °С (p=1,3МПа, КПД=0,8)	2,0	-
Повышение температуры питательной воды на входе в водяной экономайзер на 10 °С	-	0,23
Подогрев питательной воды в водяном экономайзере на 6 °С	1,0	-
Увеличение продувки котла выше нормативных значений на 1%	-	0,3
Установка обдувочного аппарата для очистки наружных поверхностей нагрева	2,0	-
Наличие накипи толщиной 1мм на внутренней поверхности нагрева котла	-	2,0
Замена химически очищенной водой 1 т невозвращенного в тепловую схему конденсата	-	20 кг у.т.
Перевод работы парового котла на водогрейный режим	2,0	-
Работа котла в режиме пониженного давления (с 1,3 МПа)	-	6,0
Отклонение нагрузки котла от оптимальной на 10%		
– в сторону уменьшения	-	0,2
– в сторону увеличения	-	0,5

Испытания (наладка) оборудования и эксплуатация его в режиме управления КИП	3,0	
Утечка пара через отверстие 1 мм при р=0,6 МПа	-	3,6 кг у.т.
Забор воздуха из верхней зоны котельного зала на каждые 1000 м ³ газообразного топлива	17 кг у.т.	-
Повышение температуры воды на выходе из котла	4	-

Особенностью казахстанских углей является низкая калорийность и высокая зольность, что предъявляет требования к выбору технологии сжигания, определяющей эффективность использования органического топлива. Использование высокзолых углей вызывает повышенный износ энергооборудования, загрязнение поверхностей нагрева котлов, недопустимо высокие выбросы с дымовыми газами золы, оксидов серы и азота. Устранение этих недостатков при традиционных способах сжигания угля может привести к большим капитальным и эксплуатационным затратам [5–6].

Основными направлениями развития угольных технологий являются:

- пылеугольное сжигание с полной очисткой уходящих газов;
- топки с кипящим слоем, атмосферные и под давлением;
- полная газификация угля с последующим сжиганием генераторного газа в комбинированных установках;
- использование углеаэрозольных топлив.

В настоящее время на ТЭС и ТЭЦ наряду с паротурбинными установками (ПГУ) получают распространение парогазовые установки (ПГУ), работающие по комбинированной схеме. В первой ступени ПГУ с газовой турбиной в качестве первичного источника энергии и рабочего тела используется природный газ, а вторичным рабочим телом являются продукты сгорания. Во второй ступени источником энергии служат выхлопные газы турбины, а рабочим телом – пар, генерируемый в парогенераторе с их помощью. За счет реализации такой схемы на ТЭЦ увеличивается средняя температура подвода и уменьшается средняя температура отвода теплоты, что приводит к росту полезной работы и доли выработки электроэнергии с 36–45 до 38–55 %. Внедрение паротурбинного оборудования для ПГУ мощностью 10–5 МВт может обеспечить сокращение удельного среднего расхода топлива на 20–25 % и удешевить строительство на 20–25 %. Освоение котлоутилизаторов за ПГУ различной производительности позволит сэкономить до 20 % топлива. В настоящее время в мире разработано и комплексно поставляется около 150 моделей ПГУ мощностью от 6,6 до 972 МВт.

Таблица 4 – Экономичность ГТУ с обычными охлаждаемыми воздухом роторами и ПГУ

Начальная температура газов, °С	1200	1300	1400	1500
Степень сжатия, Мпа	13	15	17	20/25
КПД ГТУ, %	33	35	37	38,5/40
КПД ПГУ, %	50	52	55	58/60

Основные потери в угольной промышленности связаны с недостаточной степенью извлечения угля из пластов, его выдуванием при транспортировке, слабой степенью утилизации метана при шахтной добыче угля. Так, в 2000 г шахтами «Испат-Кармет» в процессе добычи углей выделено 355 млн. м³ метана, дегазацией извлечено 41 млн. м³, остальные выброшены в атмосферу. Из 41 млн. м³ утилизировано всего 12,5 млн. м³.

Для энергосбережения необходимо разработать:

- пленочные покрытия;
- технологии брикетирования;
- установки для утилизации метано-воздушной смеси;
- обогатительные установки для извлечения угля из углесодержащих пород вскрыши;
- получение продуктов газификации угля на месте залегания (подземная газификация);
- использование на ТЭС водо-угольных суспензий (их перекачка по трубопроводам снижает капитальные затраты на транспортировку по железной дороге в 3–4 раза и стоимость производства электроэнергии на 30–40%);
- обработку пластов поверхностно-активными веществами, которые снижают их прочность на 30–40 %, что обеспечивает снижение затрат на извлечение.

Энергоэффективность – достижение технически возможной и экономически оправданной эффективности использования энергоресурсов при существующем уровне развития техники и технологии.

ВЫВОДЫ

Рассмотренные вопросы энергосбережения в теплоэнергетике, практические способы реализации энергосберегающей политики на ТЭС и котельных, могут быть полезны для дальнейшего улучшения использования топливно-энергетических ресурсов Казахстана.

1 Программа «Энергосбережение – 2020». Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 04.09.2013г. № 904.

2 Energy Technology Perspectives, 2012 / Журнал ЭНЕРГЕТИКА. – № 1 (36). – 2011, февраль.

3 Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. Кн. 4. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 588 с.

4 **Попырин, Л. С.** Оптимизация параметров оборудования энергетических установок / Энергетика и транспорт, 1985. – №5. –С. 60–71.

5 **Дукенбаев, К.** Энергетика Казахстана. Условия и механизмы ее устойчивого развития. – Алматы, 2004. – 604 с.

6 **Дукенбаев, К.** Энергетика Казахстана. Технический аспект. – Алматы, 2001. – 312 с.

7 Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» от 13 января 2012 года № 541-IV.

8 Постановление Правительства РК «Об утверждении Плана мероприятий на 2003-2005годы по реализации Стратегии индустриально-инновационного развития РК на 2003-2015 г.» № 712-1 от 17.07.2003.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

G. M. Tyutebaeva, A. S. Zhagypar

Қазақстан Республикасындағы энергия үнемдеу потенциалы

С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

G. M. Tyutebaeva, A. S. Zhagypar

Potential of energy conservation in the Republic of Kazakhstan

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana.

Material received on 18.09.17.

Мақалада энергия үнемдеудің маңызды бағыттары, ЖЭС-тарда отынның нақты тұтынылуын қысқарту бағыттары, сондай-ақ Қазақстанның отын-энергетикалық ресурстарын пайдалануды одан әрі жақсартуға мүмкіндік беретін энергия үнемдеу бойынша бірқатар ұйымдастырушылық-техникалық шаралар қарастырылған. Атап айтқанда, отын-энергетикалық кешенде энергияны үнемдеу

мүмкіндіктері көрсетіледі, мысалы: көмірді газдандыру арқылы аралас циклді электр станцияларын пайдалану; жоғары қуатты электр жеткізу желілерінің құрылысы; орталықтандырылған жылумен жабдықтау мақсатында жылу сорғыларын пайдалану, жылу құбырларының тиімді жылу оқшаулағыш материалдарын пайдалану; магистральдық газ құбырларының ГТҚ айдаушы шығатын газдарының жылуын пайдалану есебінен қайталама энергия ресурстарын пайдалануды ұлғайту; жазда ЖЭО жылуын пайдалану, ғимараттардағы ауа баптау жүйелерінде орталықтандырылған суық өндіру.

Энергия үнемдеудің ұйымдастыру-техникалық шаралары қарастырылған.

Операциялық факторлардың қазандықтардың экономикалық сипаттамаларына әсер ету тиімділігі көрсетілген. ЖЭС-да отынның нақты тұтынылуын қысқартудың және көмір технологияларын дамытудың негізгі бағыттары келтірілген.

The article presents the most important directions of energy saving, directions of reducing specific fuel consumption at TPPs, as well as a number of organizational and technical measures for energy saving that contribute to further improve the use of Kazakhstan's fuel and energy resources. In particular, the possibilities of energy saving in the fuel and energy complex are shown, such as: use of combined-cycle power plants with gasification of coal; construction of high-capacity transmission lines; use of heat pumps for the purposes of centralized heat supply, use of effective thermal insulation materials of heat pipes; increase in the use of secondary energy resources due to the utilization of the heat of the outgoing gases of GTU superchargers of main gas pipelines; use of heat of the CHP in the summer, with centralized cold production in air conditioning systems in buildings.

Organizational and technical measures of energy saving are considered.

The effectiveness of the impact of operational factors on the economic characteristics of boilers is shown. The main directions of reducing specific fuel consumption at TPPs and development of coal technologies are listed.

**Д. Е. Ускенбаев¹, А. С. Ногай², Э. Б. Айнакулов³,
Б. Б. Исабекова⁴, А. Д. Ускенбаев⁵**

¹PhD докторы; ²т.ғ.д.; ³т.ғ.к., Энергетический факультет, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.; ⁴PhD докторы, Павлодар мемлекеттік педагогикалық институты, Павлодар қ.; ⁵студент, көлік-энергетика факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Ақмола обласы

ВИСМУТ ҚҰРАМДЫ АСҚЫН ӨТКІЗГІШТІ БІРІКПЕЛЕРГЕ ҚОСПАЛАРДЫҢ ӘСЕРІ

Итриум, диспроциум, темір, кальций фторидінің допингтік оксидтері бар висмутта жоғары температуралы өткізгіш фазалардың қалыптасуы зерттелді және жоғары өткізгіш керамикалық үлгілердің фазалық құрамы рентгендік дифракциямен зерттелді. Үлгілер аморфты прекурсорлар негізінде балқыма өте жылдам балқымасының көмегімен шоғырландырылған сәуле ағыны арқылы синтезделген. Керамикалық үлгілерде $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 4,5$) жоғары температуралы өткізгіш фазалардың болуы белгіленді. Сыни қасиеттерді зерттеу үлгілердің негізінен $Bi_1, Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 2,3$) жоғары температуралы жоғарғыөткізгіш фазалардың тұрады екендігін көрсетеді. Бұдан басқа, керамикалық үлгілерде $n = 2,3$ жоғарғыөткізгіш фаза бойынша емес рентгендік шағылысулар $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 4,5$) жоғары температуралы өткізгіш фазалардың болуынан орын алған. Жоғары температуралы өткізгіш фазалардың қалыптасуы ($n = 4,5$) концентрацияланған радиациялық ағынның әсерімен байланысты деп болжанды.

Түйінді сөздер: аморфтық фаза, суперөткізгіштік, керамика, температура градиенті, тұрақтандыру.

КІРІСПЕ

Қазіргі кезде жоғары температура өткізгіштері ғылым мен техниканың әр түрлі салаларында, мысалы, энергетика, электроника, медицина, байланыс және т.б. $Bi - Pb - Sr - Ca - Cu - O$ жүйесі бар висмут жоғары температуралы жоғары өткізгіш жүйелердің арасында ерекше орын алады.

Бүгінгі кезде $Bi - Pb - Sr - Ca - Cu - O$ жүйесінде келесі тұрақты асқын өткізгіш фазалар $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 1, 2, 3 \dots$) жоғары өткізгішті күйдегі 35-40К, 85К, 110К, температура ауысуы табылған, [1-4] сәйкес. Келесі «n» өсу (T_c) жоғары өткізгішті ауысу күйі температураның критикалық ұлғаюына және Ca және Cu элементтерін зерттеуге қызығушылық берді, яғни $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 4, 5, 6, 7 \dots$) құрамы [5-7]. Бірақ тұрақты жоғары температуралы асқын өткізгішті фаза (ЖТАӨ) $T_c - 110$ К жоғары (фаза 2223) алу әлі болмады, дегенменде медельді есептер келесі гомолог $n = 4$ (2234) $T_c \sim 142$ К болуын көрсетеді. [7] жұмыста алынатын фаза 110 К жоғары болатыны ескеріледі, бірақ олар мета тұрақты болды. Ал [8] жұмыста $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 4, 5, 6, 7$) құрамын зерттеуде, авторлар, лазерлі абляция әдісін қолдану барысында, $n = 4$ (2234), 5 (2245), 6 (2256), 7 (2267), 8 (2278) фазасына сәйкес $c = 3,66$ нм; 4,31 нм; 4,94 нм; 5,60 нм және 6,25 нм элементарлы ұяшықтар параметрлерімен тұрақтандыру байланысына қол жетті, бірақ барлық үлгіде жоғары өткізгіш эффекті 4,2 К жоғары сұйық гелий температурасынан байқалмады.

Басқа жағынан [9 - 11] жұмысында ВТСП фазасының тұрақтылығы және қосымшаларды қосуға байланысты T_c ұлғаюы келтірілген. [10] жұмыста 2212 құрамына Zr енгізуге байланысты T_c 7 градусқа ұлғайған, ал [11] жұмыста 132 К-дегі T_c -да 2223 құрамына Sb енгізгендегі жағдай бақыланды.

ЖТАӨ мәліметтерін жинақтауда әдіс, шарт, технологиялық материалдар басты рөл ойнайды. Қазіргі уақытта көптеген әдістер қолданылады. Соның ішіндегі әдістердің бірі өте жылдам балқыту жолымен алынған аморфты курсоралдыны қолдану болып табылады [12, 13]. Оларды қолданудың артықшылығы, жоғары тығыздықты, төмен кеуекті, берілген дақылдың өлшемімен бірдей керамикалы текстурадан тұратындығы. Бастапқы метатұрақты күй мақсатты қосылыстар реакциялардың жеделдетуіне оң әсер етуі мүмкін [14]. Қыздыру үшін әртүрлі энергия көздері қолданылады – индукциялы, резистивті, электродоғалы, күн шуағы және т.б. Шоғырланған күн сәулесін қыздыру үшін қолдану мынадай оң факторларға алып келеді, ол – дұрыс құрылғыларды қолданудың арқасында қоспалардың жоқтығы мақсаттағы материалдар жоғары тазалықта болуы, қыздыру және кептіру кезінде өте төмен инерциялы жүйесі, қажетті температураға өте жылдам жылдамдықта жетуі, бастапқы қоспалардың булануын төмендетеді. Шоғырланған сәулелі ағын жоғары стехиометриялы оттегіні алуға мүмкіндік беретін балқыту төңірегінде озонды қалыптастырады [15]. Осы орта жоғары валенттікті Cu^{2+} құрылымын жоғарылатуға және өту аймағында тесік боуына септігін тигізетін [16], жоғары өткізгіштің барын анықтайтын [17], торға артық оттекті мыста іске асыруға көмегін тигізуі қажет.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Жұмыстың мақсаты балкыту кезінде алынған, аморфты прекурсор негізінде $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y$ синтезді керамикалы наминалды құрамында асқын өткізгішті фазада жоғары температураны тұрақтандыруға SnO , Y_2O_3 , Fe_2O_3 , Pr_2O_3 , CaF_2 қосылулардың әсерін зерттеу.

Материалдар және зерттеу әдісі. Зерттеу үшін салмағы бойынша $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y + 0,1\%$ номиналды композициялардың бастапқы қоспалары жасалды. $\text{Sn}_{1,7}\text{Fe}_{0,3}$, $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{3,8}(\text{CaF}_2)_{0,2}\text{Cu}_5\text{O}_y$, $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_{1,9}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y$, $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_{1,9}\text{Pr}_{0,1}\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y$ және бұрын 600°C температурасында.

Балқыманың синтезі және кейінгі жылдам сөндіру «Уран» типіндегі оптикалық бақ пештерінде жылу көзі ретінде шоғырланған сәулелену ағыны арқылы жүзеге асырылды.

Материал суды салқындатылған алюминий субстратта ерітілді. Прекурсорлардың аморфты күйі суды салқындатылған алюминий дискіде $10^4\text{--}10^5$ градус/сек жылдамдықпен айналдыра отырып, балқыманың ультрафитті түрде сөнуі арқылы қол жеткізілді [9, 10].

Сынамалардың жылуды жануы изотермиялық режимде силикатты жылытқышы бар муфталық пеште жүзеге асырылды.

Фазалық құрамы дифрактометрмен ДРОН-УМ1, Co K_α -сәулеленуімен рентгендік дифракциямен бақыланды.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Прекурсорларды синтездеу концентрацияланған шағылысқан ағынның әсерінен балқуды және балқыманың суды салқындатылған алюминий дискісіне жылдам балқуды жүзеге асырады. Прекурсорлар дана, пластина және микс түрінде алынды (1-сурет).



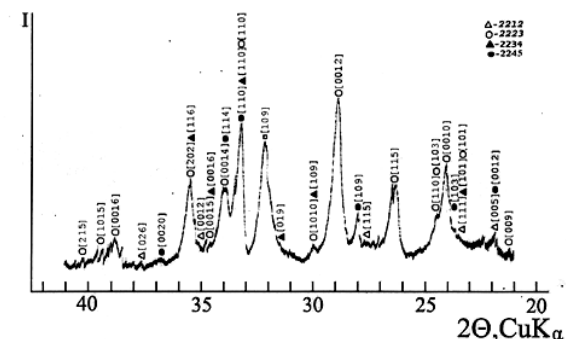
1 сурет – Шоғырландырылған сәулелену ағынының әсерінен балқыманың ультрафитті түрде сөнуі арқылы алынған бастапқы прекурсорлардың үлгілері

[18] жұмыста алынған нәтижелер негізінде ВТСП синтезінде жоғары өткізгішті фазада химиялық реакция жылдамдығының ұлғаюы аморфты курсоралдының негізінде аморфты курсоралды-вискер қолданылған.

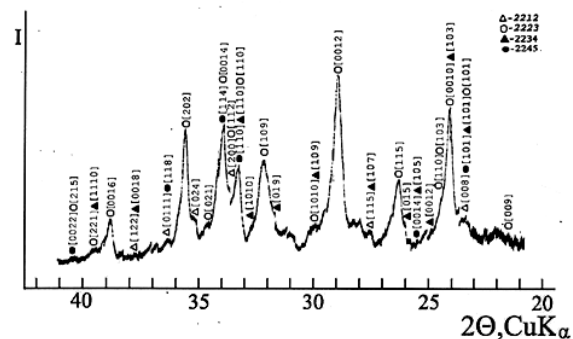
Үлгілер 2 мкм-ден де кіші дән көлеміндей ұнтақтың 180 Мпа қысымының астында сығылуынан, қалыңдығы 1,5–2,0 мм, диаметрі 15 мм таблеткалар күйінде дайындалған.

Үлгілерді жылулық өңдеу $847\text{--}850^\circ\text{C}$ температурада ауа ортасында жүргізілді. Жылулық өңдеудің ұзақтығы 180 сағатты құрады.

Жылулық өңдеуден кейінгі үлгілердің дифрактограммасы 2 және 3 суреттерде келтірілген.

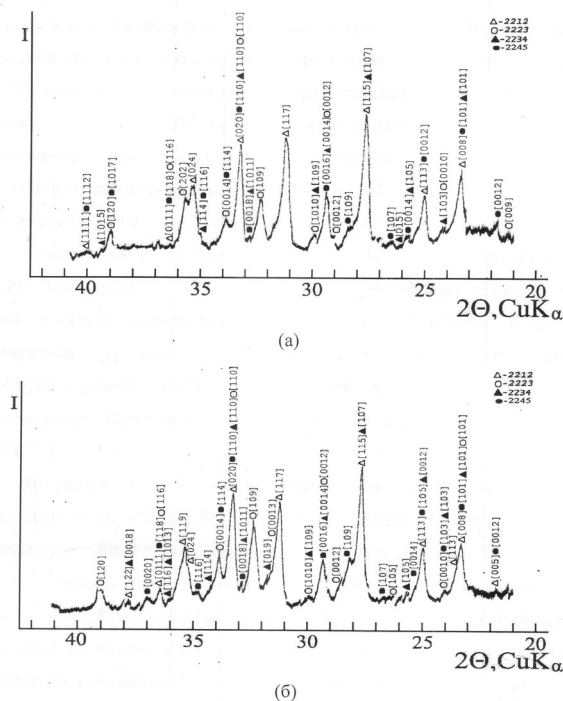


(a)



(б)

2 сурет – Қойылтылған сәуле энергиясымен алынған аморфты прекурсорлар негізінде синтезделген $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y + 0,1\%$ салмақ. $\text{Sn}_{1,7}\text{Fe}_{0,3}$ (a) және $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{3,8}(\text{CaF}_2)_{0,2}\text{Cu}_5\text{O}_y$ (б) номиналды құрамды керамика үлгілерінің дифрактограммасы. $T = 847\text{--}850^\circ\text{C}$, 180 сағ.



3 сурет – Қойылтылған сәуле энергиясымен алынған аморфты прекурсорлар негізінде синтезделген $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_{1.9}Y_{0.1}Ca_4Cu_5O_y$ (a) және $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_{1.9}Pr_{0.1}Ca_4Cu_5O_y$ (б) номиналды құрамды керамика үлгілерінің дифрактограммасы. $T = 847-850\text{ }^{\circ}C, 180\text{ сағ.}$

Рентгендік зерттеулер нәтижесі бойынша, $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_4Cu_5O_y + 0,1\%$ салмақ. $Sn_{1.7}Fe_{0.3}$ номиналды құрамды үлгі (2a – сурет), негізінен, тор параметрлері $a = 0,5342\text{ нм}, b = 0,5412\text{ нм}, c = 3,7128\text{ нм}$ болатын 2223 жоғарытемпературалы асқын өткізгіш фазасынан тұрады. Сондай-ақ, 2212 төментемпературалы асқын өткізгіш фазасының іздері қатысты. Одан басқа дифрактограммада 2212 және 2223 асқын өткізгіш фазаларына, сондай-ақ $2201 \rightarrow 2212 \rightarrow 2223$ гомологтардың асқын өткізгіш фазасының ретті қалыптасуы реакциясына қатысатын $CaO, Ca_2CuO_3, Ca_2PbO_2, CuO, Cu_2O$ аралық асқын өткізгіш емес фазаларына жатпайтын рефлексстердің байқалуын атап өткен жөн. Берілген теориялық есептеулер негізінде рефлексстерді индикаторлау бойынша [19], үлгіде сәйкесінше «с» 4,2934 нм және 4,9023 нм бағыттары бойынша қарапайым тор параметрлері бар 2234 және 2245

жоғарытемпературалы асқын өткізгіш фазалар бар екендігін болжауға болады.

Ұқас нәтижелер $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{3.8}(CaF_2)_{0.2}Cu_5O_y$ (2б - сурет) номиналды құрамды үлгіде байқалды. Бұл үлгіде, сол сияқты, 2223 асқын өткізгіш фаза негізгі фаза болды. 2212 фазасының рефлексстері $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_4Cu_5O_y + 0,1\%$ салмақ. $Sn_{1.7}Fe_{0.3}$ номиналды құрамды үлгіге қатысты қаттырақ білінді, бұл оның құрамының ұлғаюын көрсетеді. Сондай-ақ, дифрактограммада 2234 және 2245 жоғарытемпературалы асқын өткізгіш фазалардың селективті шағылуының қатысуын атап өтуге болады.

$Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_{1.9}Y_{0.1}Ca_4Cu_5O_y$ және $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_{1.9}Pr_{0.1}Ca_4Cu_5O_y$ номиналды құрамды үлгілер (3-сурет) туралы айтатын болсақ, бұл үлгілерде қоспалар $a = 0,5283\text{ нм}, b = 0,5322\text{ нм}, c = 3,0230\text{ нм}$ тор параметрлері бар 2212 төмен температуралы асқын өткізгіш фазасын тұрақтандырған болатын. Ал 2223 жоғары температуралы асқын өткізгіш фазасының рефлексстері аз байқалды, яғни, 2223 фазасының аз мөлшері қатысқандығын айтуға болады. Және осы үлгілерде 2234 және 2245 жоғарытемпературалы асқын өткізгіш фазаларға жататын дифракциялық шағылулардың іздері байқалады.

Құрамында «п» жоғарылатылған голомолгтер фазасының (2234 және 2245) пайда болуын, болжауымыз бойынша, былай түсіндіруге болады: қойылтылған күн сәулесінің балқытпаға анизотропты әсер етуінен және қатты температуралы – градиентті жағдайлардың тууынан балқытпада 2234 және 2245 құрамына сәйкес келетін метатұрақты микро аймақ пайда болып, олар балқытпаны аса тез суару кезінде тұрақталады, яғни бұл термиялық өңдеу кезінде 2234 және 2245 асқын өткізгіш фазалардың құрылуымен кристалданады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Шоғырландырылған сәулелену энергиясын қолдану арқылы $Sn_{1.7}Fe_{0.3}O_y, CaF_2, Pr_2O_3$ және Y_2O_3 және Y_2O_3 қоспалары бар $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_4Cu_5O_y$ номиналды композицияның жоғары температуралы өткізгіш керамикасы синтезделді.

Рентгендік анализ көрсеткендей $Sn_{1.7}Fe_{0.3}O_y$ және CaF_2 қоспалары 2223 жоғары температуралы өткізгіш фазасын тұрақтандырады, ал Pr_2O_3 және Y_2O_3 төмен температуралы жоғары өткізгіш 2212 фазасын тұрақтандырады. 2234 және 2245 фазалардың рентгендік шағылыстары көбінесе үлгілердің дифракциялық үлгілерінде байқалады, сонымен қатар 2234 және 2245 фазалардың рентгендік көріністерінің болуы байқалады, бұл 2234 және 2245 жоғары температуралы өткізгіш фазалардың болуы мүмкін деп күтілуде.

1 **Michel, C., Hervien, M., Borel, M.** et al. Superconductivity in the Bi – Sr – Cu – O system // *Z. Phys. B.* – 1987. – V. 68. – P. 421–423.

2 **Maeda, H., Tanaka, Y., Fukutomi, M.** et al. A new high- T_c oxide superconductor without a rare earth element // *J. J. Appl. Phys.* – 1988. V. 27. – P. L209–L210.

3 **Tarascon, J., Le Page, M., Barboux, P.** et al. Crystal substructure and physical properties of the superconducting phase $\text{Bi}_4(\text{Sr}, \text{Ca})_6\text{Cu}_4\text{O}_{16+x}$ // *Phys. Rev. B.* – 1988. – V. 37. – P. 9382–9389.

4 **Tarrance, J. B., Tokura, Y., Laplaza, S. J.** et al. // New class of high T_c structures: intergrowth of multiple copper oxide perovskite – like layers with double sheets of BiO // *Solid State Commun.* – 1988. – V. 66. – № 7. – 703 p.

5 **Алексеев, В. А., Лапшин, Д. А., Позигун, С. А., Каретников, В. А., Малиюков, Е. Е.** Влияние технологии синтеза керамики Bi – Pb – Sr – Ca – Cu – O на ее сверхпроводящие свойства // *СФХТ.* – 1990. – Т. 3. – № 8. – С. 1678–1684.

6 **Амитин, Е. Б., Громилов, С. А., Наумов, В. Н., Рояк, А. Я., Стариков, М. А.** Влияние закалки свойства сверхпроводящих керамик Bi – Sr – Ca – Cu – O различного состава // *СФХТ.* – 1989. – Т. 2. – № 10. – С. 157–162.

7 **Горобченко, В. Д., Иродова, А. В., Жарников, М. В., Лаврова, О. А., Ласкова, Г. В., Пилягин, Г. В.** Сверхпроводимость и фазовый состав оксидов Bi – Sr – Ca – Cu – O с высоким содержанием Ca и Cu // *СФХТ.* – 1989. – Т. 2. – № 7. – С. 55–59.

8 **Yoshida, K., Sasakura, H., Tsukiic, S., Mizokawab, Y.** New Bi-cuprate thin films of $\text{Bi}_2(\text{La}, \text{Ca})_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_z$ ($n = 3, 4, 5, 6$ and 7) prepared by the laser ablation method // *Phys. C. Supercond.* – 1999. – V. 322, Iss. 1–2, – P. 25–30.

9 **Третьяков, Ю. Д., Казин, П. Е.** Новые проблемы и решения в материаловедении керамических сверхпроводящих купратов // *Неорган. Материалы.* – 1993. – Т. 29. – № 12. – С. 1571–1581.

10 **Shwartz, J., Wu, S.**, Effect of lithium doping on the formation and microstructure of bulk BiSrCaCuO // *Phys. C. Supercond.* – 1991. – V. 190. – № 1–2. – P. 169–171.

11 **Liu, H., Gao, L., Zhou, L.** et al. Zero resistance at 132 K in the multiphase system of $\text{Bi}_{1.9-x}\text{Pb}_x\text{Sb}_{0.1}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_z$ with $x = 0,3; 0,4$ // *Solid State Commun.* – 1989. – V. 69. – № 8. – P. 867–868.

12 **Бобылев, Н. Б., Романов, Е. П., Любимов, М. Г. и др.** Исследование возможности применения стеклокерамической технологии для получения ВТСП-материалов на основе соединений системы Bi – Sr – Ca – Cu – O // *СФХТ.* – 1990. – Т. 3. – № 4. – С. 717–724.

13 **Гуламова, Д. Д., Ускенбаев, Д. Е., Турдиев, Д. Ш., Чигвинадзе, Д. Г., Маградзе, Д. Г., Ашимов, С. М.** Исследование фазообразования ВТСП составов $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_n\text{Cu}_{n+1}\text{O}_y$ ($n = 2, 3, 4, 5, 7, 9$) на основе аморфных прекурсоров, полученных при помощи солнечной энергии // *Известия вузов. Физика.* – 2009. – № 8/2. – С. 42–45.

14 **Abe, Y.** Formation and shaping of BSCCO superconductors by melt-quenching into metallic Ag- and Cu- pipe // Department of Materials Science and Engineering, Nagaio Institute of Technology, Soriso-oho, Shawa-ku, Nagoya 466, Japan. – 1992.

15 **Гуламов, Д. Д., Очиллов, Н. О.** Изменение содержания кислорода в оксидных соединениях, полученных плавлением в Солнечной печи в Паркенте // *Гелиотехника.* – 1999. – № 3. – С. 61–68.

16 **Никифорова, Г. Е., Лазарев, В. Б., Шаплыгин, И. С.** Висмутсодержащие оксидные сверхпроводники // *Неорг. материалы.* – 1992. – № 3. – С. 453–471.

17 **НАО, С. N.** The work of perovskite oxide: from dielectric to superconductors // *Phys. C.* – 1988. – V. 153. – P. 1762–1768.

18 **Гуламова, Д. Д., Ускенбаев, Д. Е., Чигвинадзе, Д. Г., Маградзе, Д. Г.** Синтез ВТСП состава $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_2\text{O}_y$ на основе аморфных прекурсоров, полученных закалкой под воздействием солнечного излучения // *Химия и химическая технология,* 2007, – № 4. – С. 21–25.

19 **Renewier, H., Hodeau, J. L., Fournier, T., Strobel, P., Marezio, M., Martinez, J. C., Prejean, J. J.** // *J. Less Common Metals.* – 1990. – V. 164–165, – P. 907–914.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Д. Е. Ускенбаев¹, А. С. Ногай¹, Э. Б. Айнакулов¹, Б. Б. Исабекова², А. Д. Ускенбаев³

Влияние добавок на висмутсодержащие сверхпроводящие соединения

¹Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана;

²Павлодарский государственный педагогический институт, г. Павлодар;

³Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

The effect of additives on bismuth-containing superconducting compounds¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana;²Pavlodar State Pedagogical Institute, Pavlodar;³L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.

Material received on 18.09.17.

В работе исследованы образования высокотемпературных сверхпроводящих фаз в висмут содержащей системе с допированием оксидов иттрия, диспрозия, железа, а также фторида кальция и исследованы фазовый состав сверхпроводящих образцов керамики рентгеноструктурным методом. Образцы были синтезированы на основе аморфных прекурсоров полученных свехбыстрой закалкой расплава под воздействием концентрированного лучистого потока. Исследованием установлены, что образцы, в основном, состоит из высокотемпературных сверхпроводящих фаз $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 2,3$), кроме того в образцах керамики обнаружены рентгеновские отражения не относящиеся к сверхпроводящим фазам $n = 2, 3$, что предполагает присутствие высокотемпературных сверхпроводящих фаз $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 4,5$). Предполагается, что образования высокотемпературных сверхпроводящих фаз ($n = 4,5$) связаны особенностью воздействия концентрированного лучистого потока.

The formation of high-temperature superconducting phases in bismuth containing system with doping oxides of yttrium, dysprosium, iron, as well as calcium fluoride and studying the phase composition of superconducting ceramic samples by X-ray diffraction is investigated. The samples were synthesized on the basis of amorphous precursors obtained by supernoving quenching of the melt under the influence of a concentrated radiant flux. It was established by the investigation that the samples consist mainly of high-temperature superconducting phases $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 2,3$), in addition, X-ray reflections not related to superconducting phases $n = 2,3$ were found in ceramic samples, which presumes the presence of high-temperature superconducting phases $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$ ($n = 4,5$). It is assumed that the formation of high-temperature superconducting phases ($n = 4,5$) is related to the effect of a concentrated radiant flux.

УДК 621.3

**Асет Б. Хабдуллин¹, З. К. Хабдуллина²,
В. П. Марковский³, Арман Б. Хабдуллин⁴**

¹к.т.н., кафедра «Электроэнергетики и теплоэнергетики», Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; ²к.т.н., кафедра «Электроэнергетики и теплоэнергетики», Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; ³к.т.н., кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁴магистрант, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана
e-mail: ¹aset85@mail.ru

ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В статье исследована классификация систем электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов, которая представлена в виде информационной модели, выполненная с помощью сетей Петри. В основной части показана роль и значение применение сетей Петри. Моделирование в сетях Петри осуществляется на собственном уровне. Выполнение событийной модели в сетях Петри описывает поведение системы электроснабжения объектов электротехнического и геомеханического комплекса. На основе проведенного анализа подсетей Z1 – Z45 и графа функциональных подсетей исходных сетей Петри систем электроснабжения объектов электротехнических и геомеханических комплексов определяются свойства полной сети Петри. Свойства сети Петри характеризуют систему управления объектами электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов, анализируются из графа функциональных подсетей и является: живой; ограниченный; безопасный; обратимый; отсутствуют тупиковые состояния, имеются дуги направленная к начальной маркировке.

Ключевые слова: система электроснабжения; сети Петри; информационная модель; система управления объектами; граф достижимости, функциональная подсеть.

Проектирование и эксплуатация схем электроснабжения требуют решения разнообразных задач, характеризующихся повышением надежности электроснабжения потребителей и множеством параметров, определяющих состояние взаимосвязанных и взаимодействующих процессов в синхронных и асинхронных двигателях, отдельных элементах системы электроснабжения и энергосистемы. Проблемы анализа, расчета и оптимизации режимов работы решаются на основе применения специальных методов и средств вычислительной техники. Наибольшее распространение получили методы математического моделирования.

Решение задачи минимизации потерь электроэнергии в электрических сетях целесообразно, прежде всего, на этапе проектирования промышленного объекта, когда осуществляется выбор параметров основного электрооборудования. Не менее актуальна эта задача и в процессе эксплуатации СЭС. Однако в обоих случаях проблемы анализа, расчета и оптимизации режимов работы СЭС возможно только на основе применения специальных методов и средств вычислительной техники. Развитие методов математического моделирования, направленных на решение перечисленных задач, несомненно, актуально.

При этом эффективность функционирования промышленных предприятий оценивается, в том числе и по показателям экономичности работы системы электроснабжения (СЭС), что особенно актуально при значительных удельных расходах электроэнергии и высокой энергетической составляющей в структуре себестоимости продукции [1]. В этой связи необходимо решать задачу оптимизации режимов работы систем электроснабжения с целью минимизации потерь на передачу энергии от энергосистемы потребителям.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Построение информационной модели системы электроснабжения объектов электротехнических и геомеханических комплексов выполнена с помощью сетей Петри [1–3].

Наиболее распространенным современным аппаратом для моделирования, анализа, синтеза и проектирования дискретных систем с параллельно протекающими процессами являются сети Петри (рисунок 1). Формальная теория сетей Петри занимается разработкой основных средств, методов и понятий, необходимых для применения сетей Петри. Моделирование в сетях Петри осуществляется на событийном уровне, то есть определяется, какие действия происходят в системе, какие состояния предшествовали этим действиям, и какие состояния примет система после выполнения действий.

Выполнение событийной модели в сетях Петри описывает поведение системы электроснабжения объектов электротехнического и геомеханического комплекса. В дальнейшем разработанная схема на (рисунок 1) проанализирована с помощью сетей Петри.

При моделировании в сетях Петри места символизируют какое-либо состояние системы, а переходы символизируют какие-то действия, происходящие в системе электроснабжения. Система, находясь в каком-то состоянии, может порождать определенные действия, и наоборот, выполнение какого-то действия переводит систему из одного состояния в другое.

Сеть Петри представляет собой ориентированный граф электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов (рисунок 1).

$$C = (T, P, F, M_0), \quad (1)$$

где $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, $n > 0$ – конечное множество переходов;

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_r\}$, $r > 0$ – конечное множество позиций;

$F : P \cup T$ и $P \times T \rightarrow (0, 1)$ – функция инцидентности, указывающая наличие дуг, связывающих места с переходами и переходы с местами;

$M_0 : P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ – начальная маркировка.

Сеть Петри определяется как двудольный граф, то есть вершины графа относятся к одному из двух классов – позициям и переходам. Позиции изображаются окружностями, переходы – отрезками прямой. Дуги в сетях Петри направлены и каждая дуга связывает вершины только разных классов.

Сеть Петри [2, 3], представленная выше, имеет сложную структуру, вследствие наличия параллельных процессов в системе управления.

Анализ информационной модели системы электроснабжения объектов электротехнического и геомеханического комплекса проведен с помощью сетей Петри. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Моделирование систем сетями Петри, обусловлено необходимостью проведения глубокого исследования их поведения. Для проведения исследования необходимы методы анализа свойств самих сетей Петри.

Существуют два основных метода анализа сетей Петри:

– матричные методы;

– методы, основанные на построении дерева покрываемости и графа достижимости.

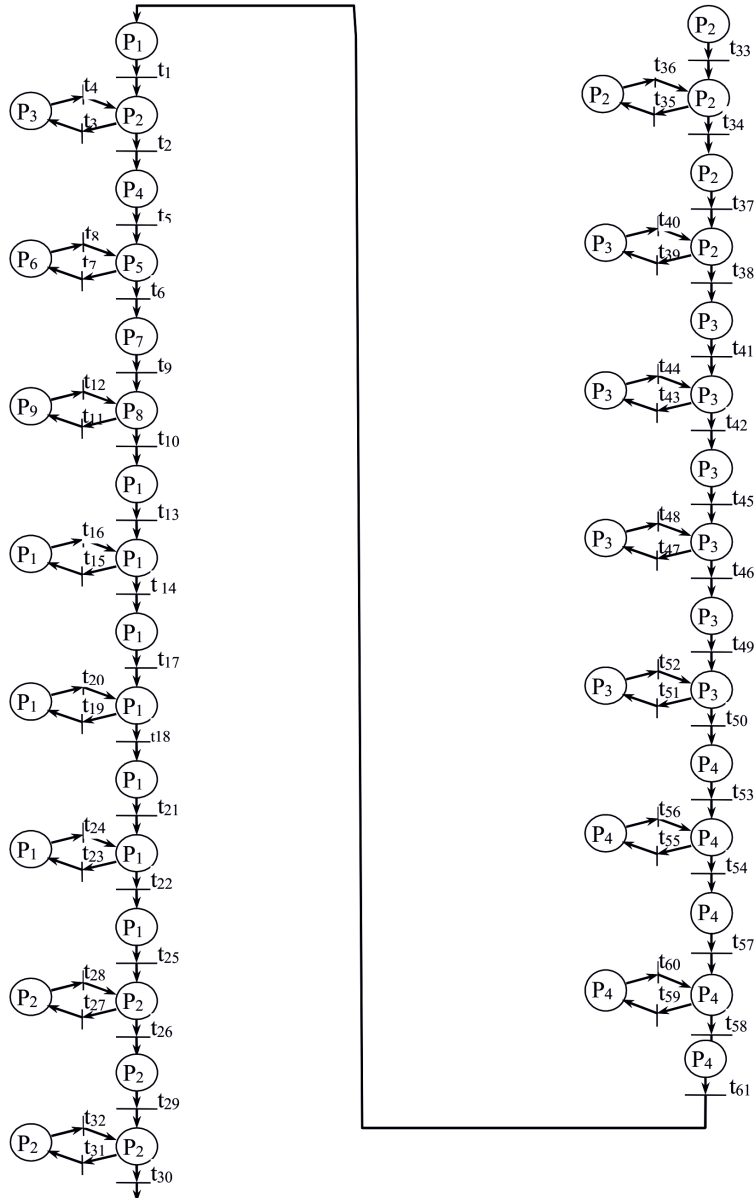


Рисунок 1 – Моделирование систем управления объектами электроснабжения с помощью сетей Петри

Таблица 1 – Результаты исследования

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃
M0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
M15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
M16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
M17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
M18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
M19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
M20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
M22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Продолжение таблицы 1

	P ₂₄	P ₂₅	P ₂₆	P ₂₇	P ₂₈	P ₂₉	P ₃₀	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄	P ₃₅	P ₃₆	P ₃₇	P ₃₈	P ₃₉	P ₄₀	P ₄₁	P ₄₂	P ₄₃	P ₄₄	P ₄₅	P ₄₆
M23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M27	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M28	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M29	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M30	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
M38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
M39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
M40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
M41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
M42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
M43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
M44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
M45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

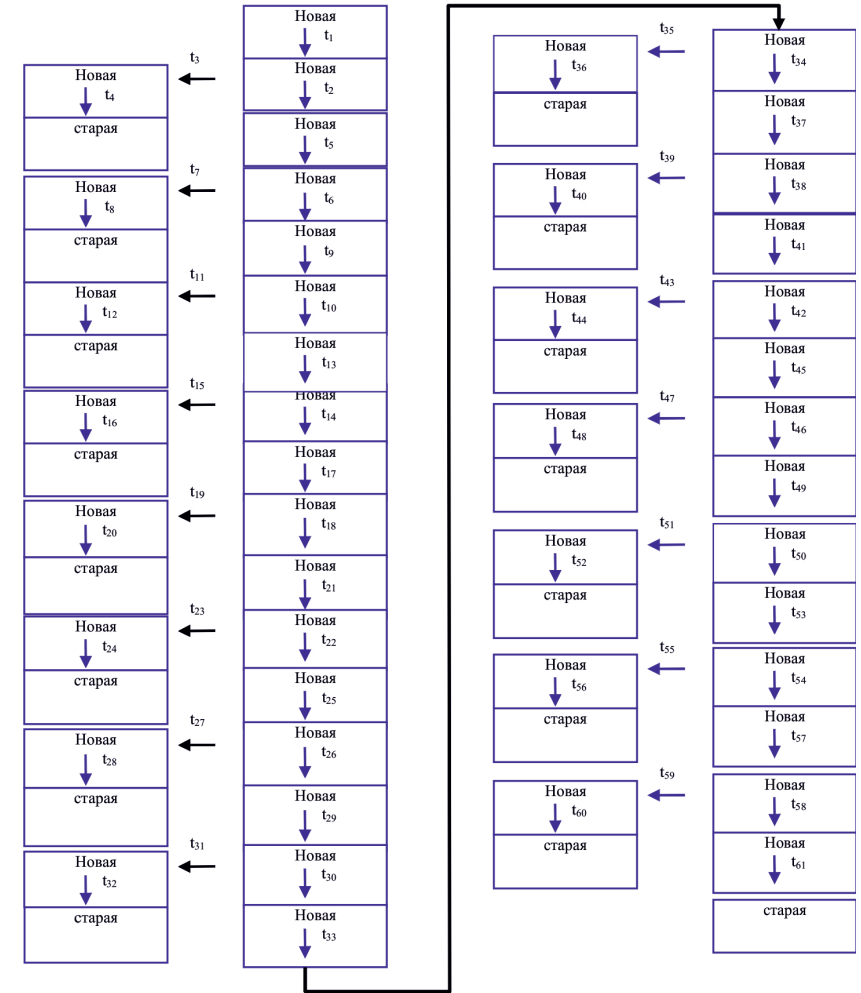


Рисунок 2 – Дерево покрываемости

Первая группа методов основана на матричном представлении маркировок и последовательностей запуска переходов.

Граф достижимости представляется выражением (2):

$$GD = (V, E), \tag{2}$$

где $V = \{M_1, M_2, \dots, M_q\}$ – массив вершин (маркировок, соответствующих вершинам);

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_p\}$ – массив дуг, связывающих вершины.

Дерево покрываемости (рисунок 2) маркировок сети представляет собой связанный граф, в вершинах которого находятся маркировки, которые достигаются в результате последовательного запуска разрешённых переходов, а на дугах, соединяющих вершины – запускаемые переходы. Путь от корня к каждой маркировке отражает последовательность запусков. Корнем дерева является начальная маркировка. При неограниченном накоплении меток в позиции на дереве образуется петля, а в маркировке на месте, соответствующем зациклившейся позиции, ставится «∞» – символ бесконечно большого числа.

Дерево покрываемости удобно оформить в виде графа (рисунок 3).

При этом более наглядно видны зацикливающиеся переходы, а тупиковые маркировки. При достижении старой маркировки достаточно соединить дугой предыдущую маркировку и уже существующую «старую».

С помощью полученного графа [1] достижимости (рисунок 3) определяются следующие свойства подсети:

- живая (тупиковых состояний нет);
- ограниченная (нет символа «∞»);
- безопасная (отсутствуют зацикливания);
- обратимая (существует дуга, направленная к маркировке M0);
- отсутствие пассивных переходов.
- характеризуются отсутствием дуг, исходящих из данной маркировки.

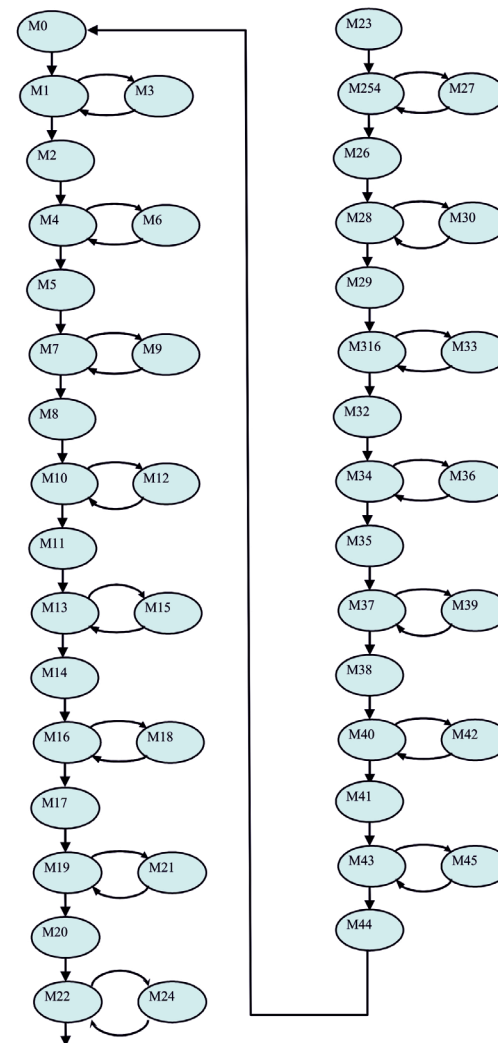


Рисунок 3 – Граф достижимости маркировок функциональной подсети Z1

ВЫВОД

На основе проведенного анализа подсетей Z1 – Z45 и графа функциональных подсетей исходных сетей Петри систем электроснабжения объектов электротехнических и геомеханических комплексов определяются свойства полной сети Петри.

Свойства сети Петри характеризуют систему управления объектами электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов, анализируются из графа функциональных подсетей и является: живой; ограниченный; безопасный; обратимый; отсутствуют тупиковые, состояния имеются дуги направленная к начальной маркировке.

Из графа функциональных подсетей, сеть Петри является живой и обратимой, так как в графе отсутствуют тупиковые состояния, имеются дуги направления к начальной маркировке. Полученные свойства сети Петри характеризуют моделируемую систему управления объектами электротехнических и геомеханических предприятий, являющаяся правильной сетью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Понаровкин, Д. Б., Степанов, Д. И., Цырук, С. А.** Сравнение методов расчета нагрузочных потерь электроэнергии в электрических сетях территориальных сетевых организаций // Промышленная энергетика. – 2015. – № 6. – С. 12–23.

2 **Хабдуллина, З. К.** Роль сетей Петри для разработанной системы классификации объектов // «Поиск». – 2006. – №4. – С. 319–322.

3 **Хабдуллина, З. К.** Построение, анализ и моделирование систем электроснабжения объектов с помощью сетей Петри // «Поиск». – 2006. – № 4. – С. 322–325.

4 **Хабдуллина, З. К.** Граф схемы системы классификации электроснабжения // Научно-технический сборник Новости Казахстана. – Алматы, 2007. – № 1. – С. 63–65.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Asset B. Khabdullin¹, Z. K. Khabdullina¹, V. P. Markowski², Arman B. Khabdullin³

Геомеханикалық және электротехникалық кешендердің нысандарын электрмен жабдықтау жүйесінің ақпараттық үлгісін құру

¹Рудный индустриалдық институты, Рудный қ.;

²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қк;

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Asset B. Khabdullin¹, Z. K. Khabdullina¹, V. P. Markowski², Arman B. Khabdullin³

Construction of informative model systems of power supply objects of electrical engineering and geomechanical complexes

¹Rudny Industrial Institute, Rudny;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³S. Seifullin Kazakh Agro-Technical University, Astana.

Material received on 18.09.17.

Мақалада Петри желілері көмегімен орындалатын ақпараттық модель түрінде ұсынылған электрлік және геомеханикалық кешендер үшін электрмен жабдықтау жүйелерінің жіктелуі зерттелген. Негізгі бөлімде Петри желілерін қолданудың маңыздылығын мен рөлі көрсетілген. Петри желілерінде үлгілеу өз деңгейінде жүзеге асырылады. Петри тораптарында оқигалық модельді іске асыру электрлік және геомеханикалық кешендер объектілері үшін электрмен жабдықтау жүйесінің мінез-құлқын сипаттайды. Z1 – Z45 ішкі желілерін талдау негізінде бастапқы Петри желілерінің функционалдық электрлік және геомеханикалық кешендердің электрмен жабдықтау жүйелері Петри торабының барлық қасиеттерін анықтайды. Петри желісінің қасиеттері – электрлік және геомеханикалық кешендерді электрмен жабдықтау объектілерін басқару жүйесін сипаттайды, функционалдық ішкі желінің графигінен талданады және олар: тірі; шектеулі; қауіпсіз; қайтымды; бастапқы таңбаға бағытталған доға бар.

The article shows the classification of power supply systems for electrical and geomechanical complexes, which is represented by information model, performed with the help of Petri nets. The main part illustrates the role and importance of the Petri nets application. Modeling in Petri nets is carried out on its own level. The implementation of the event model in Petri nets describes the behavior of the power supply system for the objects of the electrical and geomechanical complex. Based on the analysis of the subnets Z1 – Z45 and the functional subnet's graph of the power supply systems of the electrical and geomechanical complexes' objects determine the properties of the complete Petri net. The properties of the Petri net characterize the control system for power supply objects of electrical and geomechanical complexes, are analyzed from the graph of functional subnets and is: live; limited; safe; reversible; lack of dead-end states, but availability of arcs directed to the initial marking.

**З. К. Хабдуллина¹, Асет Б. Хабдуллин²,
В. П. Марковский³, Арман Б. Хабдуллин⁴**

¹к.т.н., Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; ²к.т.н., Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; ³к.т.н., Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁴магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана
e-mail: ¹Habdullina@rii.kz

**РАСЧЕТ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ И НАГРУЗКИ
С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА**

В статье дана информация по оптимизации установившихся режимов в системах электроснабжения с целью минимизации потерь мощности. Поставлены и решены следующие задачи: определены параметры двигателей; произведен расчет установившегося режима СЭС. Получены статистические характеристики потерь мощности в асинхронных и синхронных двигателях и трансформаторах. Исследования проведены для горно-обогатительного производства. На основе полученной универсальной модели разработан программный комплекс, предназначенный для выполнения расчетно-экспериментальных исследований с целью получения статических характеристик потерь мощности и нагрузок в СЭС и установления закономерностей изменения этих характеристик. В основной части приведен анализ статей по данному направлению. Показаны особенности электроснабжения цеховых сетей. Разработанная универсальная математическая модель систем электроснабжения позволит выполнить комплексную оценку потерь мощности от уровней напряжения одновременно. Разработанный программный комплекс возможно применить для комплексной оценки эффекта регулирования напряжения на шинах подстанции любого предприятия.

Ключевые слова: система электроснабжения, статистические характеристики, асинхронный и синхронный двигатель, трансформатор, мощность нагрузки, установившийся режим, потери мощности, программный комплекс.

ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что энергоемкость отечественной промышленности существенно превышает аналогичные показатели развитых экономик Западной Европы, США и Японии. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется вопросам энергосбережения в направлении оптимизации режимов электропотребления отдельных электроприемников и электротехнических комплексов, а также сокращения потерь при передаче, распределении и потреблении электроэнергии [1]. При этом эффективность функционирования промышленных предприятий оценивается, в том числе и по показателям экономичности работы системы электроснабжения (СЭС), что особенно актуально при значительных удельных расходах электроэнергии и высокой энергетической составляющей в структуре себестоимости продукции [2]. В этой связи необходимо решать задачу оптимизации режимов работы систем электроснабжения с целью минимизации потерь на передачу энергии от энергосистемы потребителям.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Решение задачи минимизации потерь электроэнергии в электрических сетях целесообразно, прежде всего, на этапе проектирования промышленного объекта, когда осуществляется выбор параметров основного электрооборудования. Не менее актуальна эта задача и в процессе эксплуатации СЭС. Однако в обоих случаях проблемы анализа, расчета и оптимизации режимов работы СЭС возможно только на основе применения специальных методов и средств вычислительной техники. Развитие методов математического моделирования, направленных на решение перечисленных задач, несомненно, актуально.

Проектирование и эксплуатация схем электроснабжения требуют решения разнообразных задач, характеризующихся повышением надежности электроснабжения потребителей и множеством параметров, определяющих состояние взаимосвязанных и взаимодействующих процессов в синхронных и асинхронных двигателях, отдельных элементах системы электроснабжения и энергосистемы. Проблемы анализа, расчета и оптимизации режимов работы решаются на основе применения специальных методов и средств вычислительной техники. Наибольшее распространение получили методы математического моделирования.

Несмотря на значительное число работ в этой области [1–6], методы моделирования и оптимизации цеховых систем электроснабжения, алгоритмов расчета характеристик асинхронный двигатель (АД) и синхронный двигатель (СД), статических характеристик нагрузок и потерь мощности применительно к расчету нормальных режимов работы крупных

СЭС и их практическая реализация еще не получили должного развития. Большинство существующих алгоритмов упрощенно представляют сложную по структуре и конфигурации схему цеховых сетей, эквивалентизируют большую часть нагрузки на напряжении 380 В, не в полной мере учитывают изменения параметров схемы замещения АД и СД [7–11].

Цеховые сети в отличие от питающих сетей внешнего электроснабжения и распределительных сетей внутризаводского электроснабжения имеют следующие особенности, нашедшие отражение в математической модели систем электроснабжения напряжением до 1 кВ:

1 Номенклатура элементов цеховой сети существенно шире нежели в электрических сетях высокого напряжения (к вышеперечисленным элементам следует добавить трансформаторы тока, предохранители, автоматические выключатели (автоматы), контакторы, пускатели, рубильники, пакетные выключатели. Тип элемента в математической модели задается по аналогии с высоковольтными сетями признаком типа (JE) с номерами от 10 до 16 (JE=10 – трансформатор тока, JE=11 – автомат и т.д.).

2 Несмотря на то, что большее число низковольтных элементов электрической сети являются коммутационными аппаратами, они обладают конечной величиной электрического сопротивления, которое определяется исходя из номинальных параметров устройства (номинального тока и напряжения). Сопротивление трансформаторов тока определяется на основе данных о номинальном токе первичной обмотки и класса точности.

3 В низковольтных электрических сетях необходимо учитывать величину контактных сопротивлений между элементами, которая приплюсовывается к сопротивлению нижерасположенного элемента сети.

Разработанная универсальная математическая модель систем электроснабжения и узлов промышленной нагрузки, позволила на основе детального учета характера зависимостей потерь мощности от уровней напряжения, для каждого элемента выполнить комплексную оценку потерь мощности во всей системе одновременно. На основе полученной универсальной модели разработан программный комплекс, предназначенных для выполнения расчетно-экспериментальных исследований с целью получения статических характеристик потерь мощности и нагрузок в СЭС и установления закономерностей изменения этих характеристик.

Для расчетно-экспериментальных исследований установившихся режимов СПЭ в качестве базового использовался программный комплекс «SEZAM», созданный на кафедре Электроснабжения промышленных предприятий Национального исследовательского университета «МРЕИ».

Применительно к целям и задачам работы проведена модернизация программного комплекса, которая заключалась:

- в переработке программы расчета параметров схем замещения высоковольтных и низковольтных асинхронных двигателей;
- в переработке программы расчета параметров схем замещения высоковольтных и низковольтных синхронных двигателей различных типов ;
- разработке алгоритма расчета потерь мощности в двигателях с учетом эффекта вытеснения тока в демпферных обмотках СД и АД;
- разработке программы определения статических характеристик потерь мощности как в отдельных электродвигателях, так и во всей системе электроснабжения;
- изменение интерфейса программного комплекса под задачи исследования статических характеристик потерь мощности.

На рисунке 1 показаны данные об основных параметрах сети. Указано количество ветвей в схеме замещения, синхронных и асинхронных двигателей, трансформаторов, кабельных линий, воздушных линий, токопроводов, реакторов, выключателей, секций, электрических систем, а так же указано значение базисной мощности и номинальное напряжение ступени ЭДС системы.

Для точного определения места элементов (трансформатор, КЛ, ВЛ, реактор и т.д.) электрической сети, в схеме замещения имеются узлы или точки, которые имеют каждый свой номер. Это необходимо для того, что бы при вбивании координат элемента электросети, программа видела к чему приклеплен данный элемент сети и с каким элементом связан в электрической сети. Элементов, которых нет в данной схеме замещения не указывается их количество, т.е. 0. Показаны данные о структуре сети. Указаны элементы сети на каждом узле, присоединения асинхронных двигателей, секций, а так же типы и состояния выключателей.

Как видно на рисунке 1 в исходных данных по конфигурации электрической сети нужно указывать код элемента, которые расписаны справа виде списка. В данной схеме замещения элеткрическая система имеет код элемента 1, начало узла ветви 0 и конец узла ветви 1. Очень важно указывать начало и конец ветви, иначе программа не сможет понять к чему прикреплен элемент. Вторая система на рисунке 24 имеет начало узла ветви тот же номер, что и первая система, т.е. 0.

Исходные данные по конфигурации выключателей рассматривается таже методика заполнения ячеек, только еще обязательно указывается тип выключателя и его состояние, иначе программа не будет производить расчет.

Нумерация узлов, соответствующих месту присоединения асинхронного двигателя указывается узел его присоединения.

Все данные элементов системы необходимо указывать в таком же порядке как было указано в структуре сети.

На рисунке 1 представлены параметры электрической сети: номинальное напряжение, ток трехфазного КЗ на шинах и ток однофазного КЗ на шинах. Параметры реакторов: индуктивное сопротивление, номинальное напряжение сети в месте установки реактора.

В двухобмоточных трансформаторах указываются следующие параметры: номинальная мощность, напряжение КЗ, активные потери мощности КЗ, напряжение обмотки на ВН и на НН, шаг регулирования напряжения и число регулировочных отпаяк. Технические данные брались из справочника Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования.

На рисунке 1 показаны данные о КЛЭП, ВЛЭП и токопроводах.

В токопроводах указываются следующие параметры: погонное индуктивное сопротивление, погонное активное сопротивление, длина, напряжение сети в месте прокладки.

В воздушных ЛЭП указываются следующие параметры: погонное индуктивное сопротивление, сечение, длина, напряжение сети в месте прокладки, Индуктивное погонное сопротивление нулевой последовательности.

В кабельных ЛЭП указываются следующие параметры: погонное индуктивное сопротивление, сечение, длина, количество кабелей, напряжение сети в месте прокладки и индуктивное погонное сопротивление нулевой последовательности.

На рисунке 27 представлены технические параметры асинхронных и синхронных двигателей: номинальная мощность, номинальный коэффициент мощности, КПД, номинальное скольжение, пусковой ток, пусковой момент, максимальный момент, коэффициент загрузки по активности мощности.

В исходных данных по узловым нагрузкам вводятся следующие параметры: активная мощность, реактивная мощность, показатель активной мощности прочей нагрузки от напряжения, показатель реактивной мощности прочей нагрузки от напряжения, мощность батарей конденсаторов подключенных к узлу нагрузки, номинальное напряжение узла.

В уровне напряжения указывается желаемый уровень напряжения в первой секции в исходном режиме.

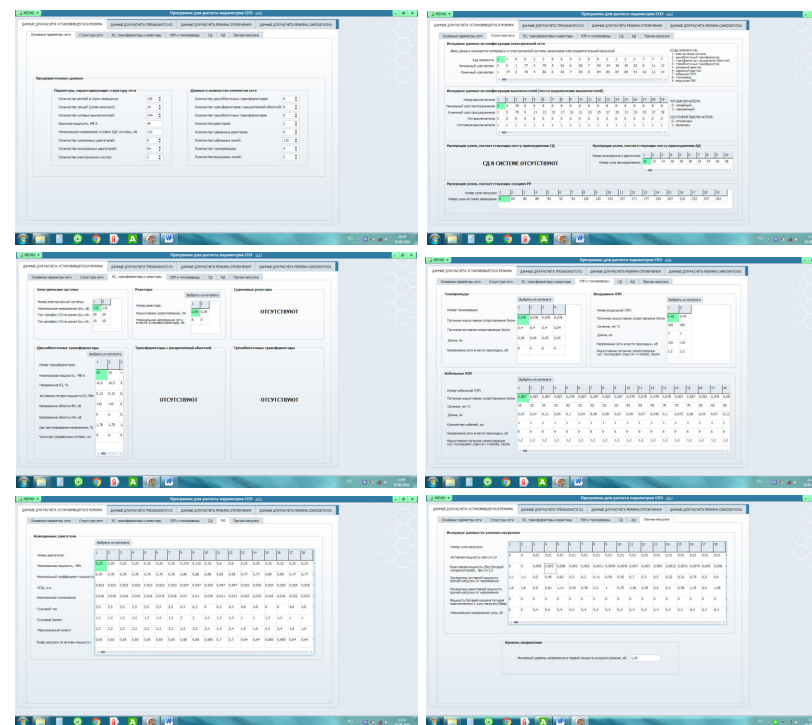


Рисунок 1 – Исходные данные программного комплекса

При правильно введенных данных вылезет новое окно с надписью «результаты расчетов», где прозведен расчет параметров режима узлов нагрузки, асинхронные двигатели, потери в системе элеткроснабжения и строятся графики потерь мощности.

На рисунке 2 произведен расчет и указываются параметры режима узлов нагрузки, их активная мощность, реактивная мощность, ток узла нагрузки, напряжение на секции РУ, угол между векторами напряжения на секции и ЭДС электрической системы, угол между векторами тока и напряжения узла нагрузки.

В параметрах режима элементов электрической сети показаны результаты расчета напряжения в начальном узле, напряжения в конечном узле, активная и реактивная мощности в начале ветви, активная и реактивная мощности в конце пути.

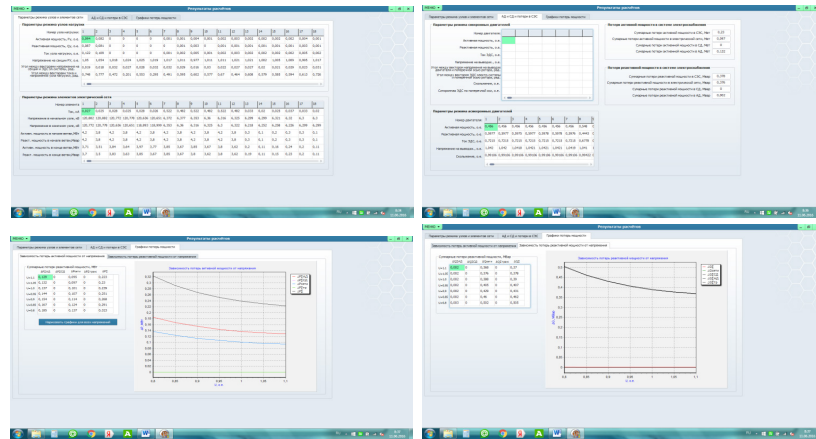


Рисунок 2 – Выходные данные программного комплекса

На рисунке 2 показаны результаты параметров режима асинхронных двигателей: активная мощность, реактивная мощность, ток ЭДС, напряжение на выводах и скольжение.

Расчитаны потери активной мощности в системе электроснабжения: суммарные потери активной мощности, суммарные потери активной мощности в электрической сети, суммарные потери активной мощности в асинхронных и асинхронных двигателях.

Представлены графики потерь мощности. График строится по показаниям в таблице. Для этого надо нажать кнопку «нарисовать графики для всех напряжений», после чего появится график зависимостей потерь активной мощности от напряжения и график зависимостей потерь реактивной мощности от напряжения.

Программа для расчетов параметров СПЭ определила параметры режима узлов и элементов сети, режима элементов электрической сети, режима асинхронных двигателей, потери активной и реактивной мощности в системе электроснабжения, и построила графики зависимости потерь активной и реактивной мощности от напряжения.

Энергоэффективная политика должна включать в себя мероприятия по модернизации отраслей экономики, повышению качества управления и квалификации производственного персонала, привлечения масштабных инвестиций, воспитанию населения к бережливому потреблению энергетических ресурсов. Также, необходимым условием ее реализации является использование научно-технического потенциала и нового инновационного мышления, повышение инвестиционной привлекательности

энергоэффективности, как привлекательного направления бизнес-деятельности.

ВЫВОДЫ

Разработанный программный комплекс для расчета установившихся режимов СЭС, предназначенный для выполнения комплексной оценки эффекта регулирования напряжения на шинах подстанций на уровень общих потерь мощности во всех элементах системы электроснабжения для предприятий любых отраслей промышленности;

Программный комплекс использован при выполнении работ по энергосбережению для промышленных предприятий посредством определения оптимальных уровней напряжения с целью минимизации потерь мощности и нагрузки до 5 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Некрасов, С. А., Матюнина, Ю. В., Цырук, С. А. Оптимизация электроснабжения с целью выравнивания графика нагрузки и снижения энергозатрат// Промышленная энергетика. – 2015. – № 5. – С. 2–8.

2 Понаровкин, Д. Б., Степанов, Д. И., Цырук, С. А. Сравнение методов расчета нагрузочных потерь электроэнергии в электрических сетях территориальных сетевых организаций// Промышленная энергетика. – 2015. – № 6. – С. 12–23.

4 José Raúl Castro, Maarouf Saad, Serge Lefebvre, Dalal Asber, Laurent Lenoir. Optimal voltage control in distribution network in the presence of DGs. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador, Ecole de technologie supérieure, 1100, rue Notre-Dame Ouest, Montréal H3C1K3, Hydro-Quebec’s Research Institute, IREQ, 1800, boul. Lionel-Boulet, Varennes, Québec J3X1S3, Canada. Electrical Power and Energy Systems 2016; 78: 239–247.

5 Biplab Bhattacharyya, Saurav Raj. Swarm intelligence based algorithms for reactive power planning wit Flexible AC transmission system devices. Dept. of Electrical Engineering, Indian School of Mines, Dhanbad, Jharkhand, India. Electrical Power and Energy Systems 2016; 78: 158–164.

6 Aggelos S. Bouhouras, Kallisthenis I. Sgouras, Paschalis A. Gkaidatzis, Dimitris P. Labridis. Optimal active and reactive nodal power requirements towards loss minimization under reverse power flow constraint defining DG type. Department of Electrical and Computer Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Department of Electrical Engineering, Technological Educational Institute of Western Macedonia, 50100 Kozani, Greece. Electrical Power and Energy Systems 2016; 78: 445–454.

7 **Bahram Poornazaryan, Peyman Karimyan, G.B. Gharehpetian, Mehrdad Abedi.** Optimal allocation and sizing of DG units considering voltage stability, losses and load variations. Department of Electrical Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. *Electrical Power and Energy Systems* 2016; 79: 42–52.

8 **Susanta Dutta, Pranabesh Mukhopadhyay, Provas Kumar Roy, Debashis Nandi.** Unified power flow controller based reactive power dispatch using oppositional krill herd algorithm. Department of Electrical Engineering, Dr. B C Roy Engineering College, Durgapur, Jalpaiguri Government Engineering College, Jalpaiguri-735102, West Bengal, India, Department of Information Technology, National Institute of Technology, Durgapur, West Bengal, India. *Electrical Power and Energy Systems* 2016;80: 10–25.

9 **Rajendra K. Pandey, Deepak Kumar Gupta.** Knowledge domain states mapping concept for controller tuning in an interconnected power network. Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology (Banaras Hindu University), India. *Electrical Power and Energy Systems* 2016; 80: 160–170.

10 **Wanyu Cao, Jianzhong Wua, Nick Jenkins, Chengshan Wangb, Timothy Green.** Benefits analysis of Soft Open Points for electrical distribution network operation. Institute of Energy, School of Engineering, Cardiff University, Cardiff CF24 3AA, School of Engineering, Imperial College London, London, UK, Key Laboratory of Smart Grid of Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China. *Applied Energy* 2016; 165: 36–47.

11 **Nimal Madhu M, Nikhil Sasidharan, Jai Govind Singh.** A droop control incorporated dc equivalent power flow method for distribution and low voltage systems. Energy Field of Study, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology, 58 Moo 9, Km. 42, Phaholyothin High, KlongLuang, Pathumthani 12120, Thailand. // *Electric Power Systems Research*. 2016. 134: 56–65.

12 **Dace E, Blumberga D, Kuplais G, Bozko L, Khabdullina Z, Khabdullin A.** Optimization of landfill gas use in municipal solid waste landfills in Latvia // *International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONNECT)* – 2014.72: 293–299.

13 **Blumberga D, Vigants H, Cilinskis E,** et al. Energy efficiency and energy management nexus. // *International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONNECT)* – 2015. 95: 71–75.

14 **Francmanis E, Khabdullin A, Khabdullin A,** et al. Comparative environmental analysis of microbial electrochemical systems// *International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONNECT)* – 2015. 95: 564–568.

15 **Khabdullin A, Khabdullin A, Khabdullina Z,** et al. Mathematical model of synchronous motors for static characteristics power loss// *International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONNECT)* – 2015. 95: 487–490.

16 **Khabdullin A, Khabdullina Z.,** Climate Considerations of the Electricity Supply Systems in Industries, *Environmental and Climate Technologies* – № 13, 2014: 27–31.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

3. *К. Хабдуллина¹, Асет Б. Хабдуллин¹, В. П. Марковский², Арман Б. Хабдуллин³*

Бағдарламалық кешеннің көмегімен жүктеме және қуат шығынын есептеу

¹Рудный индустриалдық институты, Рудный қ.;

²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Z. K. Khabdullina¹, Asset B. Khabdullin¹, V. P. Markowski², Arman B. Khabdullin³

Calculation of losses and loads with the help of the software

¹Rudny Industrial Institute, Rudny;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³S. Seifullin Kazakh Agro-Technical University, Astana.

Material received on 18.09.17.

Мақалада қуат шығынын азайту мақсатында электрмен жабдықтау жүйелерінде үнемдеуші режимдер бойынша ақпараттар берілген. Келесі тапсырмалар қойылып олар өз шешімін тапты: қозғалтқыштар сипаттамалары анықталды; СЭС орнатылған режимінің есебі жүргізілді. Трансформаторлар мен асинхронды және синхронды қозғалтқыштарда қуат шығынының статикалық көрсеткіштері алынды. Зерттеу жұмысы тау-кен өндірісі үшін арналған. Алынған әмбебап үлгінің арқасында бағдарламалық кешен әзірленді, СЭС орнатылған режимінің жүктеме және қуаттың статистикалық сипаттамаларын алу мақсатында есептік-тәжірибелік зерттеу жүргізілді.

The article gives information on optimization of steady-state regimes of power supply systems in order to minimize power losses. The following tasks were set and solved: motor parameters were determined; the steady-state regime of PSS was calculated. Static characteristics of power losses in asynchronous and synchronous motors and transformers have been obtained. Researches have been carried out for ore mining and processing. On the basis of the obtained universal model, a software package has been designed to perform calculation and experimental researches to obtain static characteristics of power and load losses in PSS and to establish the patterns of variation of these characteristics.

УДК 621.3

**Асет Б. Хабдуллин¹, З. К. Хабдуллина²,
В. П. Марковский³, Арман Б. Хабдуллин⁴**

¹к.т.н., Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; ²к.т.н., Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; ³к.т.н., Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁴магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана
e-mail: ¹aset85@mail.ru

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ И НАГРУЗКИ ДЛЯ АО «ССГПО»

В работе дана информация по оптимизации установившихся режимов в системах электроснабжения с целью минимизации потерь мощности. Поставлены и решены следующие задачи: определены параметры двигателей; произведен расчет установившегося режима СЭС. Получены статистические характеристики потерь мощности в асинхронных и синхронных двигателях и трансформаторах. Исследования проведены для горно-обогатительного производства. В основной части статьи приведены статические характеристики потерь активной мощности, которая характеризует эффективность передачи, распределения технологических преобразований электрической энергии в другие виды. В статье представлено решение следующих задач: суммарные потери активной мощности в цеховых СЭС составляют около 10 % от потребляемой мощности; доля потери в АД и СД – около 70 % от потерь в СЭС; минимальные потери мощности имеют место при напряжении на выводах трансформаторов Т1, Т2 ТП-26, равном напряжению сети ($U = 1,05$); В активной нагрузке ТП-26 подавляющую долю (≈ 80 %) составляет мощность, потребляемая АД и СД. Потребление активной мощности существенно зависит от напряжения на выводах трансформаторов цеховых ТП.

Ключевые слова: система электроснабжения, статистические характеристики, асинхронный и синхронный двигатель, трансформатор, мощность нагрузки, установившийся режим, потери мощности, схема замещения.

ВВЕДЕНИЕ

Статические характеристики мощности узлов нагрузок $P(U)$ и $Q(U)$, представляющие собой зависимости активной и реактивной мощностей нагрузки от напряжения в узле в установившемся режиме, находят широкое применение при решении ряда актуальных задач электроснабжения (при расчетах установившихся режимов, выборе компенсирующих устройств и управлении ими, при регулировании напряжения в узлах нагрузки). Однако существенный интерес представляет выделение статической характеристики потерь активной мощности $\Delta P_{\Sigma}(U)$ в элементах электрической сети и приемниках (большинство которых – электрические двигатели), питающихся от данного узла нагрузки.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Статические характеристики потерь активной мощности, характеризующие эффективность передачи, распределения и технологических преобразований электрической энергии в другие виды, необходимы как для численной оценки этой эффективности, так и для оптимизации режимов в системах электроснабжения (СЭС). Они могут быть представлены как:

$$\Delta P_{\Sigma}(U) = \Delta P_{\Sigma c}(U) + \Delta P_{\Sigma d}(U), \quad (1)$$

где $\Delta P_{\Sigma c}(U)$, $\Delta P_{\Sigma d}(U)$ – суммарные потери активной мощности соответственно в элементах электрической сети и в двигателях нагрузки.

Потери мощности в элементах электрической сети подразделяются на нагрузочные потери ΔP_n , (потери от протекания тока нагрузки через активное сопротивление элементов) и потери в стали $\Delta P_{ст}$ магнитных систем трансформаторов (практически не зависящие от нагрузки):

$$\Delta P_c = \Delta P_n + \Delta P_{ст}. \quad (2)$$

Потери активной мощности в электрических двигателях включают потери в обмотках статора ΔP_1 , ротора ΔP_2 и в стали магнитных систем $\Delta P_{ст}$:

$$\Delta P_d = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_{ст}. \quad (3)$$

Потери мощности в двигателях нагрузки зависят от напряжения, поэтому обязательно должны учитываться в статических характеристиках потерь мощности. Следует также помнить, что нагрузочные потери (включая потери в обмотках двигателей) и потери в стали по-разному зависят от напряжения в узле нагрузки. Первые (как правило, они растут с уменьшением напряжения) определяются соотношением

$$\Delta P_n \approx \frac{P^2(U) + Q^2(U)}{U^2} R, \quad (4)$$

где $P(U)$ и $Q(U)$ – активная и реактивная мощности, передаваемые через элемент с сопротивлением R , вторые уменьшаются с уменьшением напряжения:

$$\Delta P_{ст} \approx \frac{U^2}{R_m(U)}, \quad (5)$$

где R_m – активное сопротивление ветви намагничивания.

От соотношения этих составляющих (их в конечном итоге определяют коэффициенты загрузки электрических двигателей) существенно зависит вид статических характеристик потерь мощности. Применительно к цеховым системам электроснабжения (до 1000 В) они заслуживают особого внимания по следующим причинам:

1 Сечения токопроводящих жил проводников в цеховых сетях выбираются не по экономической плотности тока, а по допустимому току нагрузки или допустимой потере напряжения. Поэтому в режимах максимальной нагрузки следует ожидать повышенные значения суммарных потерь мощности в элементах электрической сети (в долях от передаваемой мощности). Длины участков цеховых сетей малы, число присоединений велико: например, к цеховому трансформатору с $S_{ном} = 1000$ кВА в среднем присоединено свыше 100 силовых электроприемников.

2 Большую долю электродвигательной нагрузки в цеховых СЭС составляют асинхронные двигатели (АД) с короткозамкнутым ротором мощностью 1–4 кВт и синхронные двигатели (СД) с шихтованными полюсами и с массивным гладким ротором, КПД которых находится в пределах 0,75–0,90, т.е. потери мощности в таких АД и СД (в долях от потребляемой мощности) соизмеримы с суммарными потерями мощности на всех предыдущих ступенях трансформации. Поэтому электрические потери мощности в АД и СД в значительной мере определяют вид статических характеристик.

3 Средние коэффициенты загрузки АД и СД цеховых СЭС по активной мощности составляют $K_z = 0,5–0,7$. При этом потери мощности в стали магнитных систем АД соизмеримы с нагрузочными (или превышают их). За счет существенной зависимости потерь мощности в стали от напряжения в узле нагрузки появляется возможность оптимизации режимов напряжений на шинах цеховых трансформаторных подстанций (ТП).

Определение статических характеристик потерь мощности на основе физического эксперимента, а тем более разделение их на составляющие в

соответствии с выражениями (1) – (3), практически не реализуемо. Поэтому единственно реальным способом их определения являются расчетно-экспериментальные исследования на ЭВМ математических моделей цеховых СЭС. Решение поставленной задачи усложняют разветвленность цеховой электрической сети, длины участков которой измеримы метрами, и наличие в цехах от нескольких десятков до нескольких сотен разнотипных электрических двигателей (в том числе и зарубежного производства) с номинальной мощностью, различающейся более чем в 1000 раз (от 0,3 до 400 кВт).

Для расчетно-экспериментальных исследований статических характеристик потерь мощности в рамках настоящей статьи решены задачи:

- определения параметров схем замещения электрических двигателей по каталожным и паспортным данным;
- расчета установившегося режима СЭС произвольной конфигурации и структуры, в которой электрические двигатели задаются не мощностями нагрузок, а уравнениями установившихся режимов в соответствии со схемами замещения.
- создания специализированного пакета расчетных и сервисных программ на ПЭВМ.

Для расчетов параметров режима двигателей (включая составляющие потерь мощности) необходимы схемы замещения; определение их параметров усложняют два обстоятельства: а) число каталожных данных по двигателям ограничено, они не позволяют однозначно идентифицировать все параметры схем замещения; б) активные сопротивления статорной обмотки двигателей до 3 кВт соизмеримы с индуктивным сопротивлением рассеяния. Подробно алгоритм расчета параметров схемы замещения АД и СД изложен в [1, 3].

Для исследований статических характеристик потерь мощности выбраны системы электроснабжения цеховой подстанции ТП-26 АО «Соколовско-сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» (рисунок 1). Общее число элементов СЭС – 131, среди которых преобладают автоматические выключатели (127 шт.), и кабели (117 присоединений общей длиной около 9000 м, разброс длин присоединений – от 10 до 180 м, разброс сечений кабельных жил присоединений от 2 х (3 х 240) до 3 х 4 мм². Общее число узлов нагрузки 18, к ним подключено 91 АД и 12 СД суммарной установленной мощностью 17606,4 кВт; средняя мощность двигателей 155,81 кВт (двадцать имеют мощность свыше 100 кВт: 2 по 2000; 10 по 800; 4 по 500; 4 по 400 кВт; минимальная мощность – 0,5 кВт).

Прочая (недвигательная) нагрузка 0,38 кВт представлена освещением, сигнализацией и ТВУ.

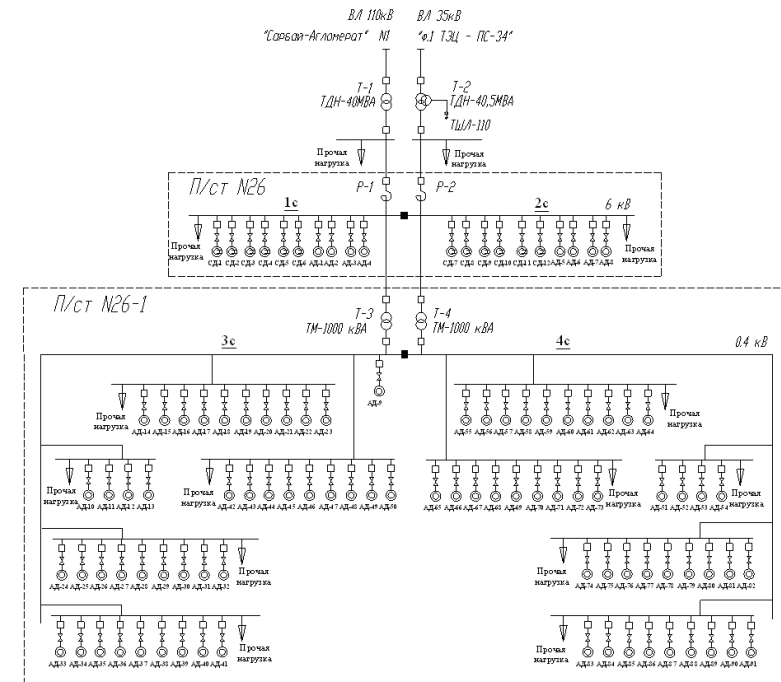


Рисунок 1 – Расчетная схема ТП-26 АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение»

На рисунке 2 представлены статические характеристики суммарных потерь активной мощности в рассматриваемой схеме. Приняты обозначения: $\Delta P_{\Sigma СД}$ – суммарные потери активной мощности в СД (включая потери в цепи присоединения двигателей); $\Delta P_{\Sigma АД}$ – суммарные потери активной мощности в АД (включая потери в цепи присоединения двигателей); $\Delta P_{\text{сети}}$ – потери мощности в электрической сети, за исключением потерь в присоединениях АД; $\Delta P_{\Sigma \text{трансф}}$ – суммарные потери стали в трансформаторах; ΔP_{Σ} – суммарные потери мощности в СЭС, включающие потери мощности в сети, АД и СД.

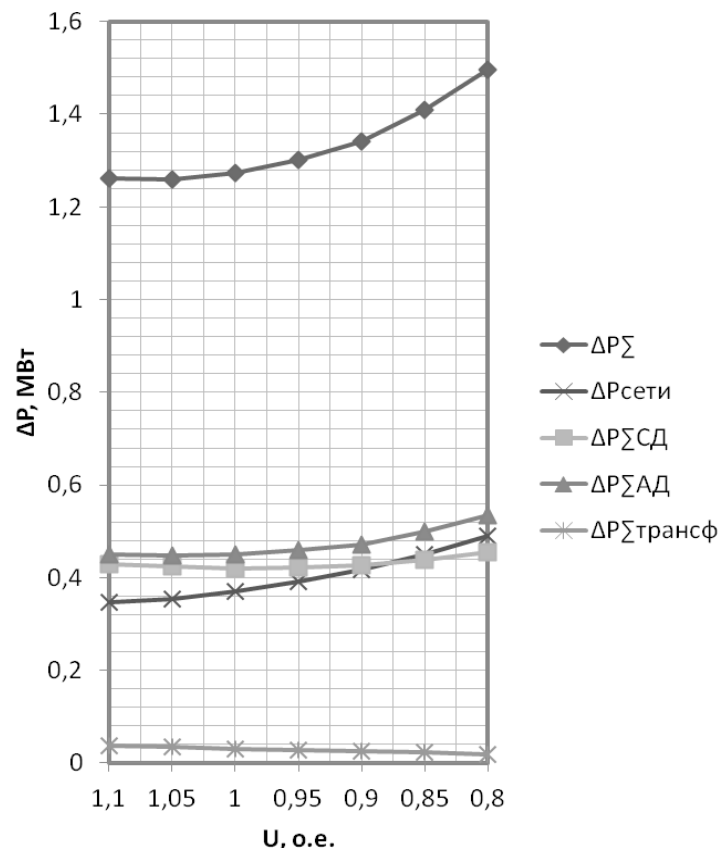


Рисунок 2 – Статические характеристики потерь мощности для ТП-26

На рисунке 3 представлены статические характеристики суммарных потерь активной мощности АД в рассматриваемой схеме. Приняты обозначения: $\Delta P_{\Sigma \text{АД}}$ – суммарные потери активной мощности АД (включая потери в цепи присоединения двигателей); $\Delta P_{12 \text{АД}}$ – суммарные потери мощности в стали магнитных систем АД; $\Delta P_{1 \text{АД}}$ – суммарные потери мощности в статорных обмотках АД; $\Delta P_{2 \text{АД}}$ – суммарные потери мощности в роторных обмотках АД; $\Delta P_{\Sigma \text{АДкаб}}$ – суммарные потери мощности в присоединениях АД.

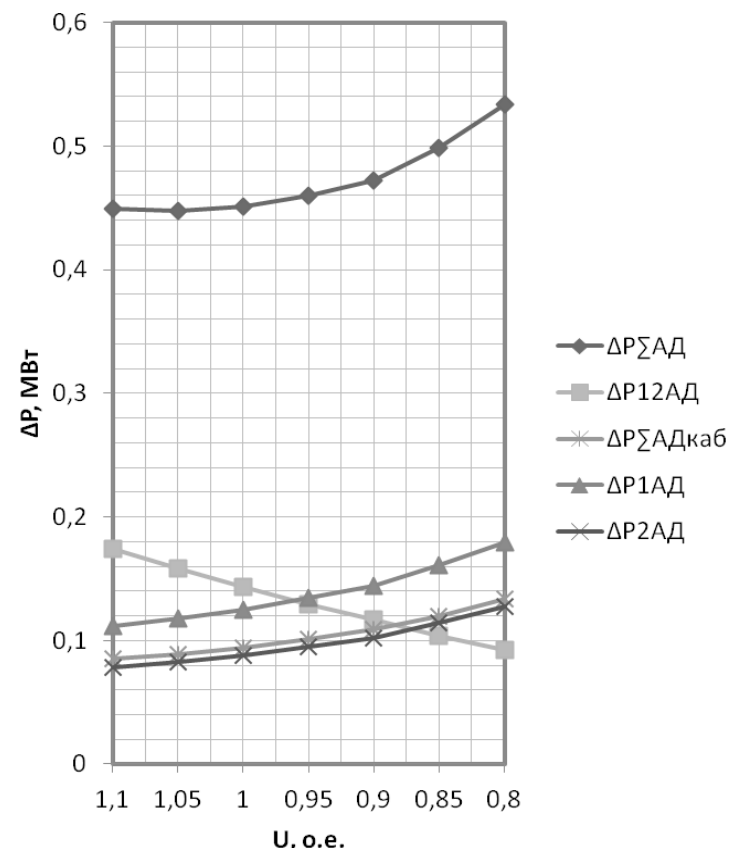


Рисунок 3 – Статические характеристики потерь мощности в АД

На рисунке 4 представлены статические характеристики суммарных потерь активной мощности СД в рассматриваемой схеме. Приняты обозначения: $\Delta P_{\Sigma \text{СД}}$ – суммарные потери активной мощности СД (включая потери в цепи присоединения двигателей); $\Delta P_{12 \text{СД}}$ – суммарные потери мощности в стали магнитных систем СД; $\Delta P_{1 \text{СД}}$ – суммарные потери мощности в статорных обмотках СД; $\Delta P_{f \text{АД}}$ – суммарные потери мощности в обмотках возбуждения СД; $\Delta P_{\Sigma \text{СДкаб}}$ – суммарные потери мощности в присоединениях к СД.

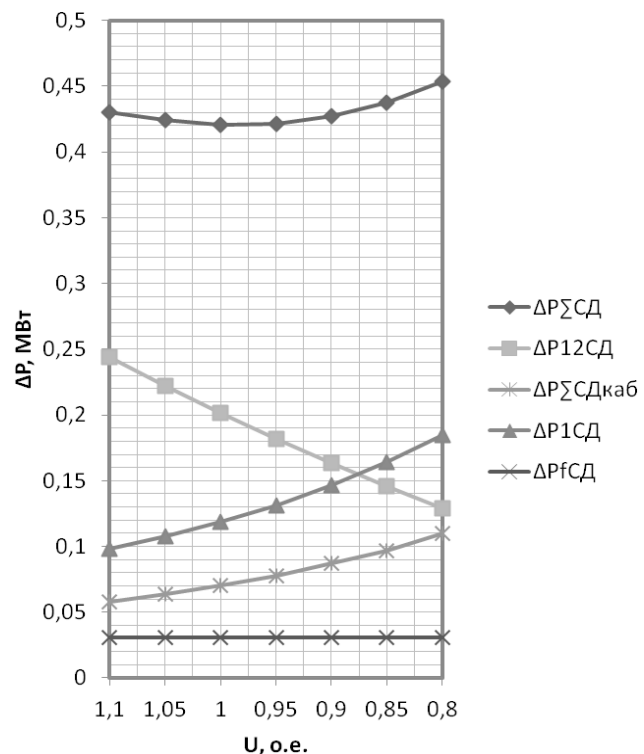


Рисунок 4 – Статические характеристики потерь мощности в СД

По статическим характеристикам потерь активной мощности в цеховой СЭС при $K_3=0,8$ можно сделать следующие выводы:

– Минимальные потери мощности имеют место при $K_3=0,8$ АД и СД напряжении на выводах трансформаторов Т1, Т2 ТП-26, равном напряжению сети ($U = 1,05$); они равны $\Delta P_{\Sigma} = 1,259$ МВт, что составляет 6,8 % от активной мощности, поступающей в трансформаторы Т1, Т2 ($P_{\Sigma} = 18,58$ МВт)

– Суммарные потери мощности $\Delta P_{\Sigma} = 1,259$ МВт складываются из потерь мощности в цеховой сети $\Delta P_c = 353$ кВт, потерь мощности в АД СЭС $\Delta P_{\Sigma АД} = 447,79$ кВт, потерь мощности в СД СЭС $\Delta P_{\Sigma СД} = 424,29$ кВт, потерь в стали трансформаторов $\Delta P_{\Sigma трансф} = 34,07$ кВт. Таким образом, подавляющую долю суммарных потерь активной мощности (около 69 %) составляют электрические потери мощности в АД и СД СЭС.

– Электрические потери мощности в АД СЭС $\Delta P_{\Sigma АД} = 447,79$ кВт складываются из потерь в статорных ($\Delta P_{1АД} = 117,76$ кВт; 26,3 %) и роторных

($\Delta P_{2АД} = 82,74$ кВт; 18,5 %) обмотках, потерь мощности в стали магнитных систем АД ($\Delta P_{12АД} = 158,29$ кВт; 35,3 %) и потерь присоединения АД ($\Delta P_{присоед} = 89$ кВт; 19,9 %). Суммарная доля электрических и механических потерь мощности в АД составляет 9,98 % в потреблении двигателями активной мощности ($P_{\Sigma АД} = 4485,12$ кВт), что соответствует среднему КПД электродвигательной нагрузки $\eta_{cp} = 90,02$ %. Высокий КПД обусловлен тем, что большую часть активной мощности потребляют АД номинальной мощностью более 100 кВт.

– Электрические потери мощности в СД СЭС $\Delta P_{\Sigma СД} = 424,29$ кВт складываются из потерь в статорной обмотке ($\Delta P_{1СД} = 107,53$ кВт; 25,3 %) и в обмотке возбуждения ($\Delta P_f = 30,57$ кВт; 7,2 %), потерь мощности в стали магнитных систем АД ($\Delta P_{12СД} = 222,19$ кВт; 52,4 %) и потерь присоединения СД ($\Delta P_{присоед} = 64$ кВт; 15,1 %). Суммарная доля электрических и механических потерь мощности в СД составляет 4,4 % в потреблении двигателями активной мощности ($P_{\Sigma СД} = 9600$ кВт), что соответствует среднему КПД электродвигательной нагрузки $\eta_{cp} = 95,6$ %. Высокий КПД обусловлен тем, что активной мощности потребляют СД номинальной мощностью более 100 кВт.

Аналогичные статические характеристики были построены для подстанций ТП-26 при различных коэффициентах загрузки АД и СД.

ВЫВОДЫ

Выполненные расчетно-экспериментальные исследований статических характеристик мощностей нагрузок и потерь активной мощности в системе электроснабжения АО «Соколовско-сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» позволили сделать следующие вывод:

1 Суммарные потери активной мощности в цеховых СЭС составляют около 10 % от потребляемой мощности; доля потери в АД и СД – около 70 % от потерь в СЭС. Суммарный КПД электродвигательной нагрузки достигает 90,02–95,6 %. Это обусловлено тем, что большая часть активной мощности потребляют АД и СД номинальной мощностью более 100 кВт.

2 Минимальные потери мощности имеют место при напряжении на выводах трансформаторов Т1, Т2 ТП-26, равном напряжению сети ($U = 1,05$); они равны $\Delta P_{\Sigma} = 1,259$ мВт, что составляет 6,8 % от активной мощности, поступающей в трансформатор.

3 В активной нагрузке ТП-26 подавляющую долю (≈ 80 %) составляет мощность, потребляемая АД и СД, поэтому потребление активной мощности существенно зависит от напряжения на выводах трансформаторов цеховых ТП. При уменьшении напряжения на 10 % потребление активной мощности АД уменьшается на 3–5 %.

1 Гамазин, С. И., Ставцев, В. А., Цырук, С. А. Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой. – М. : Издательство МЭИ, 1997. – 424 с. : ил.

2 Сыромятников, И. А. Режимы работы синхронных и асинхронных электродвигателей. – М. : Энергоатомиздат, 1984.

3 Хабдуллин, А. Б. Оптимизация потерь мощности в электрических сетях / Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии. Сборник трудов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – Тольятти : Изд-во Тольят. гос. ун-та, 2009. – С. 69–72.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Asset B. Khabdullin¹, Z. K. Khabdullina¹, V. P. Markovskiy², Arman B. Khabdullin³

«ССКӨБ» АҚ үшін жүктеме мен қуат шығынын азайту мақсатында электрмен жабдықтау жүйесі жұмысының режимін оңтайландырудағы энергия үнемдейтін әдістерді даярлау

¹Рудный индустриалдық институты, Рудный қ.;

²С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

³С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Asset B. Khabdullin¹, Z. K. Khabdullina¹, V. P. Markowski², Arman B. Khabdullin³

Development of energy saving methods optimizing the operating modes of electrical supply systems with the purpose of minimizing power loss and loading for JSC «SSMPA»

¹Rudny Industrial Institute, Rudny;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³S. Seifullin Kazakh Agro-Technical University, Astana.

Material received on 18.09.17.

Жұмыста қуат шығындарын барынша азайту мақсатында, энергиямен жабдықтау жүйелеріндегі тұрақты режимдерді оңтайландыру туралы ақпарат келтірілген. Келесі тапсырмалар анықталып – шешілген: электрмен жабдықтау жүйелерінде

орнатылған режимге есептеу жүргізілген; қозғалтқыш параметрлері анықталып, асинхронды және синхронды қозғалтқыштардағы және трансформаторлардағы қуат шығындарының статистикалық сипаттамалары алынған. Зерттеу – кен өндіру және қайта өңдеу өнеркәсібі үшін жүргізілген. Мақаланың негізгі бөлігінде: электр энергиясын басқа түрлерге технологиялық қайта бөлу және электр энергиясын берудің тиімділігін сипаттайтын белсенді қуат шығындарының статистикалық сипаттамалары берілген. Мақалада келесі мәселелерді шешу жолдары көрсетілген: Электр энергиясымен қамтамасыз ету жүйесіндегі белсенді қуаттың жалпы шығыны энергия тұтынудың шамамен 10 %-ын құрайды; асинхронды және синхронды қозғалтқыштардағы шығындар үлесі – электрмен жабдықтау жүйелеріндегі шығындардың шамамен 70 %-ы; электр энергиясының ең төменгі шығындары T1, T2 ТП-26 трансформаторларындағы шығыс кернеу желінің кернеуіне ($U = 1.05$) тең болғанда пайда болады; Асинхронды және синхронды қозғалтқыштар тұтынатын ТП-26 трансформаторлық қосалқы станцияның белсенді жүктемесінің басым бөлігін ($\approx 80\%$) қуат құрайды. Белсенді қуатты тұтыну -трансформаторлық қосалқы станциялардың шығыс кернеуіне айтарлықтай тәуелді.

The article gives information on optimizing steady-state regimes in power supply systems in order to minimize power losses. The following tasks were set and solved: engine parameters were determined; the steady state SES was calculated. Statistical characteristics of power losses in asynchronous and synchronous motors and transformers are obtained. Research is carried out for ore mining. The main part of the article presents static characteristics of active power losses, which characterizes the efficiency of transmission, distribution of technological transformations from electric energy into other types. The solution of the following tasks is presented in the article: Total losses of active power in shop SES make about 10 % of power consumption; the share of loss in AM and SM is about 70 % of losses in SES; The minimum power losses occur when the voltage at the terminals of transformers T1, T2 TP-26 is equal to the voltage of the network ($U = 1.05$); in the active load of TP-26, the overwhelming fraction ($\approx 80\%$) is the power consumed by AM and SM. The consumption of active power depends on the voltage at the terminals of the transformers of the shop TU significantly.

**Асет Б. Хабдуллин¹, З. К. Хабдуллина²,
В. П. Марковский³, Арман Б. Хабдуллин⁴**

¹к.т.н., Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; ²к.т.н., Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; ³к.т.н., Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁴магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана
e-mail: ¹aset85@mail.ru

АНАЛИЗ НОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В статье проведен анализ нормирования электропотребления в системах электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов. Приведены ученые, которые внесли весомый вклад в совершенствование методики нормирования электропотребления. Показано значение и роль нормирования электропотребления для предприятий с широким спектром выпускаемых изделий. В статье предложен новый подход к нормированию электропотребления на базе установленной мощности предприятий. Предложена методика пробирования 3 разными способами, которая определила диапазон применения электропотребления. Нормирование электропотребления возможно с 1 по 6 уровень и с 6 по первый. Если мощность предприятия лежит выше определенного диапазона мощности, нормирование электропотребления проводят сверху вниз. При установленной мощности ниже определенного диапазона мощности необходимо проводить нормирование электропотребления снизу вверх.

Ключевые слова: нормирование, электропотребление, анализ норм, баланс электропотребления, учет, контроль.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросам энергосбережения уделяется большое внимание, важную роль играет состояние системы нормирования учета, контроля и управления электропотреблением.

Без соответствующей системы контроля и учета электропотребления невозможно обеспечить качественное управление (анализ, прогнозирование,

нормирование, планирование, регулирование) в производственных системах.

Актуальным является проведение анализа вопросов нормирования электропотребления, оценка его применения для мощных электротехнических и геомеханических предприятий.

Основной задачей является автоматизации процесса расчета удельных норм расхода электроэнергии (ЭЭ) и разработка нового принципа подхода в нормировании электропотребления.

При разработке норм расхода электропотребления должно учитываться проведение в планируемом периоде конкретных организационно-технических мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов, которые разрабатываются на всех уровнях управления и группируются по следующим основным направлениям:

- совершенствование технологии производства
- улучшение использования энергии в производстве;
- повышения качества сырья и применение менее энергоемких видов;
- прочие мероприятия (организационные, экономические и т.д.).

Основную работу по анализу параметров электропотребления на электротехнических и геомеханических комплексах осуществляет группа режимов электропотребления:

- баланс получения и расхода ЭЭ цехами предприятия;
- анализ соблюдения удельных норм электропотребления на основные виды продукции,
- предъявление штрафных санкций.

Для решения поставленной задачи проведен анализ существующих норм и методов нормирования электропотребления на объектах. Определены достоинства и недостатки существующих методов определения норм расхода ЭП. Эффективность применения норм расхода электропотребления может быть обеспечена только при научной обоснованности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Большой вклад в разработку теоретических основ методов нормирования и планирования потребления ЭЭ в промышленности принадлежит ученым В. И. Вейц, А. А. Тайц, И. В. Гофман, Б. П. Белых.

Решающим элементом в нормировании расхода электроэнергии, определяющим качество нормирования, является метод разработки норм, т.е. способ определения действительных технически необходимых затрат электроэнергии на производство единицы продукции. Методы определения УРЭЭ зависят от характера технологического процесса той или иной отрасли промышленности и делятся на пять основных типов [1–4]. Анализ методов

нормирования показал, что к недостаткам используемых методов можно отнести отсутствие четких рекомендаций – какие модели необходимо использовать, отсутствие ретроспективной проверки адекватности модели.

Дальнейшее совершенствование нормирования расхода энергии должно идти в направлении изменения целей нормирования и углубления связей с условиями производства:

- нормирование расхода ЭЭ должно быть ориентировано на повышение эффективности использования ЭЭ в технологических процессах, где существуют значительные нерациональные затраты ЭЭ;

- нормы расхода ЭЭ должны быть направлены на выявление отклонений в технологии, режимах работы оборудования и его параметров, чтобы наметить пути совершенствования производства и уменьшения электрозатрат;

- при нормировании ЭП должны быть учтены условия производства; расход электроэнергии должен быть дифференцирован по мощности; продолжительности технологических процессов и структур производства, определяющий выход конечной продукции;

- нормирование расхода ЭЭ должно стать не разовым явлением, а постоянно действующим инструментом анализа эффективности производства;

- пути совершенствования нормирования расхода ЭЭ позволяют на ПП дифференцировать и прогнозировать решение вопроса, связанных с расходом и экономией ЭЭ.

В определении норм расхода ЭЭ имеются нерешенные проблемы. Причины в следующем:

- имеют место сложные пересекающиеся технологические линии по разным видам продукции; отсутствующий детальный учет по определенным цехам; трудоемкий процесс проведения опытно-экспериментальных измерений; необходимость в большом количестве измерительных средств; обеспечение одновременных измерений;

- при широком спектре выпускаемых изделий определение расхода ЭЭ на основе данных электробаланса технически сложно (а иногда просто невозможно);

- методики нормирования ЭП ориентированы на учет выработанной ЭЭ тенге/кВт*час, что не позволяет учесть конкретные ЭП каждого вида продукции при многономенклатурном производстве; затрудняет отчетность по оплате за пользование ЭЭ и не обеспечивает выявление мест перерасхода электроэнергии.

Существующие методики нормирования ЭП для ПП не объективны, не точны в связи с трудностью практической реализации скрупулезных одновременных измерений по десяткам и сотням видов изделий.

В связи с чем, созданная методика, позволяющая определить долю расхода ЭЭ на каждый вид продукции и услуг электротехнического и геомеханического комплекса при многономенклатурном производстве, в дальнейшем автоматизирована.

Предлагаемая методика рекомендована для составления пооперационных, общезаводских и годовых норм ЭП на единицу измерений продукции при широком спектре выпускаемых изделий.

На основе анализа методов предлагается нормирование ЭП в натуральном выражении кВт*час/ед.изм. продукции по укрупненным показателям. Сделана попытка определения норм ЭП без проведения дополнительных специальных измерений на основе изучения предыстории работы предприятия.

Разработка методики нормирования ЭП на ПП требует, прежде всего, анализа качества, структуры и объема данных.

Контроль качества используемых данных включает в себя следующее:

- просмотр данных с целью выявления групп резко уклоняющихся наблюдений;

- визуальную или автоматическую проверку данных с целью выявления тех значений, которые логически не совместимы или противоречат предварительной информации о правдоподобных границах измерения отдельных переменных;

- контроль за методами сбора данных, то есть обнаружение источников искажения данных;

- восстановление пропущенных наблюдений

Для определения диапазона установленной мощности, который стал бы границей раздела применения нормирования электропотребления, рассчитывались потери в кабельных линиях при номинальной загрузке кабеля (рисунок 1 а) и при передаче потребляемой мощности (рисунок 1 б).

В дальнейшем подтверждение определения диапазона границ мощности проводился кластерным методом (рисунок 1 в). Проведя исследования по трем различным направлениям, пришли к выводу, что этой границей раздела являются мощности от 200 кВт до 300 кВт. В результате предлагаемой величиной установленной мощности, которая явилась базой границы применения нормирования ЭП на объектах электротехнических и геомеханических комплексов сверху вниз и снизу вверх, необходимо принять диапазон мощности в пределах от 200 до 300 кВт.

На графике показан диапазон мощностей найденный различными методами для определения удельных норм ЭП. Для разработки методики нормирования электропотребления для объектов электротехнических и геомеханических комплексов сверху вниз и снизу вверх возможно

применение всех пяти методов нормирования ЭП представленных на рисунок 1.

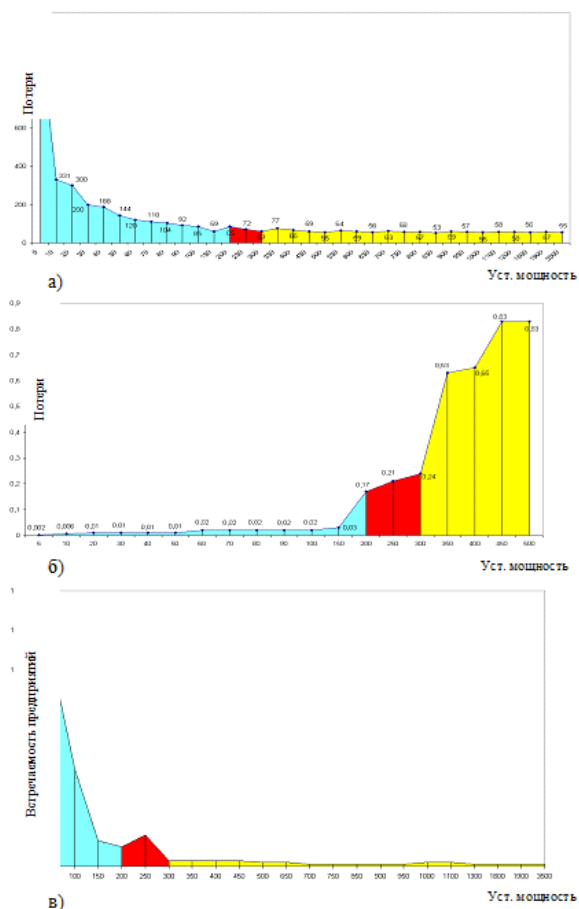


Рисунок 1 – Определение диапазона мощности разными методами

При нормировании ЭП сверху вниз (с шестого уровня по четвертый) возможно, в зависимости от принадлежности объекта, применять математический и среднестатистический методы нормирования.

При нормировании ЭП снизу вверх можно использовать индивидуальные, групповые и технологические нормы расхода электроэнергии (рисунок 1). При нормировании ЭП сверху вниз возможно использование общепроизводственных, годовых и квартальных норм расхода электроэнергии.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования в области определения норм расхода ЭЭ на каждый вид продукции позволил создать программный продукт [5] по автоматизированному расчету удельных норм на единицу продукции и разработать новый подход в определении норм расхода ЭЭ в зависимости от установленной мощности предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Желдок, Ф. П.** Опыт внедрения и эксплуатации автоматизированных систем контроля и учета топливно-энергетических ресурсов на предприятиях газопереработки и нефтехимии [Текст] / Ф. П. Желдок, А. И. Сюсюкин // Промышленная энергетика. – № 12. – 2001. – С. 13–16.

2 **Грязнов, С. А.** Совершенствование расчетов норм расхода электроэнергии [Текст] / С. А. Грязнов. – М. : ВНИПИэнергопром, 1985. – С. 57–60.

3 **Пиновский, А. А.** Некоторые методологические вопросы анализа электропотребления в промышленности [Текст] / А. А. Пиновский, Т. О. Задорина. – II Межвузовский сборник. – Л. : ЛИЭИ. – 1982. – С. 27–34.

4 **Кудрин, Б. И.** Учет технологических факторов при нормировании расходов электроэнергии и прогнозировании электропотребления химических предприятий [Текст] / Б. И. Кудрин, С. В. Жичкин. // Промышленная энергетика. – № 12. – 2002. – С. 4–28.

5 **Семенов, В. А.** Применение ЭВМ для автоматизации технологических процессов в энергетике [Текст] / Под ред. В. А. Семенова. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 309 с.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

Асет Б. Хабдуллин¹, З. К. Хабдуллина¹, В. П. Марковский², Арман Б. Хабдуллин³

Геомеханикалық және электротехникалық кешендердің электрмен жабдықталу жүйесінде электр тұтынуды нөмірлеудің сараптамасы

- ¹Рудный индустриалдық институты, Рудный қ.
 - ²С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
 - ³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.
- Материал 18.09.17 баспаға түсті.

Analysis of the normalization of power consumption in power supply systems for electrical and geomechanical complexes

¹Rudny Industrial Institute, Rudny;

²S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

³S. Seifullin Kazakh Agro-Technical University, Astana.

Material received on 18.09.17.

Мақалада электрлік және геомеханикалық кешендердің электрмен жабдықтау жүйелерінде электр энергиясын тұтыну нормализациясы талданады. Энергияны тұтынуды нормализациялау әдіснамасын жетілдіруге елеулі үлес қосқан ғалымдар аталып көрсетілген. Кең ауқымды өнім өндіретін кәсіпорындар үшін энергияны тұтыну нормализациясының маңыздылығы мен рөлі көрсетілген. Мақалада кәсіпорындардың белгіленген қуатына негізделген энергия тұтынуды реттеудің жаңа әдісі ұсынылған. Энергияны тұтыну ауқымын анықтайтын 3 түрлі сынамалау әдісі ұсынылған. Энергияны тұтынуды нормализациялау 1-ден 6-ға дейін және 6-шыы дан біріншіге дейін мүмкін. Кәсіпорынның қуаты белгілі бір қуат диапазонынан биік тұрса, электр энергиясын тұтыну нормализациясы жоғарыдан төменге дейін өткізіледі. Қуат белгілі бір қуат диапазонынан төмен болған кезде электр энергиясын тұтыну нормализациясы төменнен жоғарыға дейін келтірілуі керек.

The article analyzes the normalization of power consumption in power supply systems of electrical and geomechanical complexes. The scientists who have made a significant contribution to the improvement of the rationing power consumption methods are presented. The significance and role of the normalization of power consumption for enterprises with a wide range of manufactured products is shown. The article proposes a new approach to the regulation of power consumption based on the installed capacity of enterprises. The technique of probing in 3 different ways is proposed, which determined the range of application of power consumption. Normalization of power consumption is possible from 1 to 6 level and from 6 to the first. If the capacity of the enterprise lies above a certain power range, the electricity consumption is normalized from the top to down. When the power is set below a certain power range, it's necessary to conduct a normalization of power consumption from the bottom up.

Шаймерденов А. Т.

магистрант, кафедра «Теплоэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ
ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ**

Энергоблоки представляют собой крупногабаритные малосерийные или штучные технические изделия. Они во многих практических случаях не проходят контрольной общей сборки и испытаний на заводах-изготовителях. Все это в эксплуатации приводит к уменьшению долговечности и выходу из строя энергоблоков. Происходит и естественное их старение, требующее систематических профилактических ремонтов. Уже через 20–25 лет работы энергоблок значительно снижает свою надежность и экономичность, а через 30–40 лет практически требует замены.

В данной статье рассматривается вопрос оценки надежности энергоблоков ТЭС в процессе длительной эксплуатации. Дается определение базовых понятий теории надежности с целью последующего их рассмотрения применительно к энергоблокам ТЭС. Также в статье рассматриваются причины отказов в работе оборудования тепловых электрических станций.

Ключевые слова: надежность, отказ, тепловая электрическая станция, энергоблок, энергосистема.

ВВЕДЕНИЕ

Энергоблоки являются важнейшим элементом тепловых электростанций (ТЭС) и энергосистем, от надежной работы которых зависит функционирование самой системы и объектов народного хозяйства, являющихся потребителями электроэнергии и тепла.

Основная цель дисциплины – изложение основ теории надежности и методов их практического применения для расчета надежности энергоблоков ТЭС.

Проблема надежности энергоблоков и их элементов связана с вопросами определения показателей их надежности на стадиях проектирования, сооружения и эксплуатации.

При этом необходимо обеспечить:

- бесперебойное энергоснабжение потребителей;
- заданное количество отпускаемой энергии (частоту, напряжение электрического тока, давление и температуру пара и горячей воды);
- выполнение графиков нагрузки;
- максимальную экономичность;
- экологическую и техническую безопасность.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Надежность – свойство объекта (энергоблока) выполнять требуемые функции (по выработке энергии) в заданном объеме при определенных условиях функционирования. Надежность выступает в роли функциональной категории качества как множества заданных функций энергоблока, которые имеют ограничения по времени и условиям функционирования.

Множество заданных функций зависит от типа энергоблока и включает:

- производство и выдачу электроэнергии в энергосистему (или непосредственно потребителям) согласно заданному графику нагрузки;
- производство и выдачу тепла потребителям;
- обеспечение качества выдаваемых электроэнергии (по частоте и напряжению) и тепла (по параметрам пара и воды);
- транзит энергии через распределительные устройства.

Множество условий функционирования определяет:

- вид топлива, его запасы;
- режим работы энергоблока;
- сезонные условия эксплуатации;
- аварийный резерв в энергосистеме;
- состояние связей с энергосистемой;
- экологическую и техническую безопасность.

Множество временных интервалов функционирования включает:

- период эксплуатации энергоблока (начальный, нормальной эксплуатации, старения);
- период восстановительного или планового ремонта;
- период функционирования (сутки, месяц, год);
- период осенне-зимнего максимума или весенне-летнего минимума нагрузки.

Работоспособность – состояние энергоблока (объекта), при котором он способен выполнять все или часть заданных функций в требуемом объеме.

Потеря работоспособности в теории надежности называется *отказом*.

Полный отказ – при полной потере работоспособности, *частичный отказ* – при снижении работоспособности. *Внезапные отказы* являются следствием

поломок или аварийных ситуаций. *Постепенные отказы* происходят из-за износа деталей, загрязнения поверхностей нагрева, изменения проходных сечений в результате отложений и т.д.

Наработка на отказ – время работы энергоблока (объекта) от начала эксплуатации до отказа (или между двумя соседними отказами).

Восстановление – обеспечение уровня работоспособности энергоблока (объекта) путем проведения ремонта. Процесс функционирования энергоблока за период жизни характеризуется большим числом отказов и восстановлений.

Основными с позиций надежности являются следующие свойства энергоблока.

Безотказность – работоспособность в течение заданного времени (нулевая вероятность появления отказа).

Долговечность – сохранение работоспособности до наступления предельного состояния (при установленной системе технического обслуживания). *Предельное состояние* характеризуется невозможностью восстановления энергоблока (объекта) в связи с достижением такого износа и старения, устранение которых становится невозможным или нецелесообразным.

Живучесть – свойство энергоблока противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением работоспособности потребителей.

Ремонтнопригодность – пригодность энергоблока к диагностике отказов и к устранению их последствий путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Безопасность – способность энергоблока обеспечить экологическую и техническую безопасность путем поддержания экологических и технических параметров на заданном уровне.

Режимная управляемость – свойство энергоблока поддерживать заданный режим с помощью средств управления.

Отказ и восстановление

Отказ и восстановление являются противоположными событиями. События, происходящие одно за другим в моменты времени t_i , образуют поток событий. Простейший поток отказов и восстановлений графически представлен на рисунке 2, где t_1, t_2, \dots, t_n – время наработки на отказ (от начала работы до отказа), а $t_{B1}, t_{B2}, \dots, t_{Bn}$ – время восстановления.

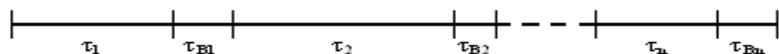


Рисунок 2 – Поток отказов и восстановлений

Потоки событий можно описать с помощью рядов распределения случайных величин, характеризующих вероятность появления этих событий $P(m)$, где m – число отказов (случайных событий). Есть ряд стандартных распределений: равномерное, нормальное, экспоненциальное и т.д. Особенность нормального закона распределения заключается в том, что он является предельным законом, к которому приближаются все другие законы распределения.

Для восстанавливаемых элементов вероятность безотказной работы (до наработки T_0) определяется как $P(t) = \exp(-lt)$, где t – рассматриваемый интервал времени; $l = 1/T_0$ – интенсивность отказов. Под элементом понимается энергоагрегат, имеющий определенное функциональное назначение, не подлежащий дальнейшему структурному разделению. В качестве элемента могут рассматриваться энергоблок в составе энергосистемы или котел, турбина, электрогенератор – в составе энергоблока.

В процессе эксплуатации элемента интенсивность отказов изменяется (рисунок 3). Период эксплуатации можно разделить на следующие области: приработки отказов 1, нормальной эксплуатации 2, отказов по причине старения оборудования 3.

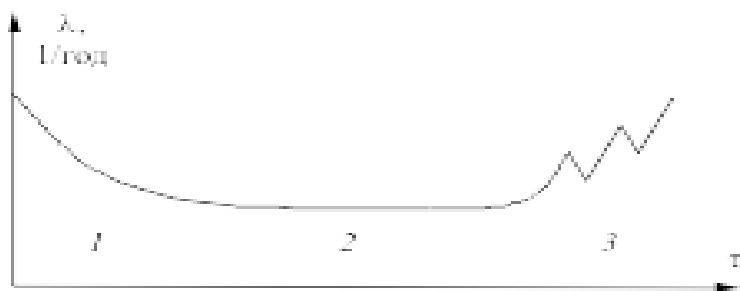


Рисунок 3 – Интенсивность отказов за период жизни элемента

Приработочные отказы возникают в начале эксплуатации из-за дефектов изготовления и монтажа. В области нормальной эксплуатации (рабочей области) интенсивность отказов является постоянной, а в области старения – постепенно увеличивается вследствие износа элементов. Старение частично

компенсируется путем капитальных ремонтов с заменой изношенных деталей. Можно считать, что на элемент действуют потоки событий в *форме марковских случайных процессов* (когда состояние элемента в будущем не зависит от его прошлого, то есть от того, каким путем он достиг настоящего состояния).

Очевидно, практически любой случайный процесс можно представить как марковский, если в текущее состояние включить и его прошлое. В непрерывном процессе времени в любой его момент t сумма вероятностей всех состояний элемента $\sum_{i=1}^n P_i(t) = 1$ Определение вероятностей каждого из состояний $P_1(t), \dots, P_n(t)$ является одной из основных задач теории надежности.

Вероятность события X определяется как $P(X) = \frac{m}{n}$, где m – число случайных событий, n – число всех событий.

Для энергоблоков и теплоэнергооборудования наиболее вероятны сложные события, являющиеся комбинацией нескольких событий.

Для независимых случайных событий, вероятность появления которых не зависит от вероятности других событий, справедлива аксиома: вероятность возникновения хотя бы одного из двух случайных независимых и несовместных событий равна сумме вероятностей этих событий, то есть $P(X_1+X_2) = P(X_1)+P(X_2)$. События называются совместными, если при осуществлении одного из них возможно появление другого, если – нет, то события несовместны.

Пример 1 Вероятности погасания факела при выходе из строя пылепитателя первой горелки – $P(X_1) = 0,02$, второй – $P(X_2) = 0,015$. Вероятность погасания факела в топке котла, работающего с двумя горелками, равно (так как эти события являются независимыми и несовместными) $P(X_1+X_2) = P(X_1)+P(X_2) = 0,02+0,015 = 0,035$.

Пример 2 На ТЭС в течение года производится ремонт турбогенератора при отказах оборудования с вероятностью $P(X_1) = 0,03$ и текущий ремонт (по графику ремонтов), вероятность которого $P(X_2) = 0,025$. Эти события (ремонты) являются несовместными и независимыми, следовательно, вероятность ремонта турбогенератора $P(X_1+X_2) = P(X_1)+P(X_2) = 0,03+0,025 = 0,055$.

Отказы можно классифицировать по группам:

- из-за недостатка конструкции и низкого качества изготовления;
- ошибок эксплуатации;
- низкого качества монтажа;
- дефектов ремонта.

Недостатки конструкции обусловлены несовершенством конструкторской и нормативно-технической документации, методами расчета и математического моделирования, ошибками в расчетах.

Недостатки конструкции и изготовления обнаруживаются после 25...30 тыс. ч. эксплуатации.

Отказы из-за ошибок эксплуатации происходят вследствие несоответствия условий работы энергооборудования проектным режимам, нарушений производственных инструкций, случайных ошибок вахтенного персонала.

Эксплуатация котлов сопровождается сложными физическими и химическими процессами в пароводяном тракте, в газоздушном тракте, в металле, из которого изготовлены элементы энергооборудования. Процессы горения, теплообмена, коррозии, образования отложений на поверхностях нагрева, изменения свойств и характеристик металла определяют в значительной мере показатели надежности котлов.

Характерными отказами из-за недостатков проектирования на котлах являются большие тепловые разверки на поверхностях нагрева, ускоренный их золовой износ. Распространены нарушения процесса гибки, литья, термообработки деталей из жаропрочных сталей, сварки. Несоответствие фактических характеристик углей нормативным приводит к отклонению от заданных объемов продуктов сгорания и температуры на выходе их топки и как следствие – к нарушению работы конвективной части котла, увеличению золового износа. Низкое качество воды и пара приводит к резкому увеличению отложений, повышению температуры металла труб и к их пережогу.

В таблице 1 приведено распределение отказов котлов.

Таблица 1 – Распределение отказов котлов

Паропроизводительность, т/ч	Доля отказов из-за повреждений, %				
	экономайзера	испарительных поверхностей	пароперегревателя	промперегревателя	прочих элементов
2500...2650	43,9	19,5	26,8	7,4	2,4
1600...1800	4,1	9,4	37,4	48,4	0,7
950...1000	11,5	22,2	48,8	12,3	5,2
640...670	24,9	16,5	43,1	12,7	6,6
480...500	31,4	23,6	37,5	-	7,3
320...420	29,0	14,0	46,5	-	10,5
120...220	32,0	20,7	40,1	-	7,2

Интенсивность отказов энергооборудования котлов не одинакова (таблица 2)

Таблица 2 – Доля отказов котельного энергооборудования

Наименование	Доля отказов, %
Поверхности нагрева	79,2
Котельно-вспомогательное энергооборудование	3,5

Топливоподача	2,0
Арматура	4,9
Автоматика	7,4
Прочие элементы котла	3,0

Трубы экранов в эксплуатации подвергаются действию лучистой энергии, коррозионно-активной среды продуктов сгорания топлива, что при малой скорости циркуляции и нарушениях водяного режима приводит к их повреждениям и отказам в работе котлов. Следует отметить, что качество воды и пара оказывает решающее влияние на повреждаемость поверхностей нагрева. Заметное влияние оказывает приводящее к тепловым перекосам неравномерное поле температур по высоте газохода, в котором располагается пароперегреватель: тепловая нагрузка верхней и нижней части змеевиков может различаться на 20 %, а по ширине газохода – на 30 %. Пароперегреватели повреждаются ещё и потому, что при длительных наработках времени при температурах выше 500 °С структура металла претерпевает изменения. Снижается его жаропрочность из-за процесса сфероидизации цемента из пластинчатой структуры. Параллельно происходит переход легирующих элементов молибдена и хрома в карбиды. Появляются остаточные деформации и разрушения. На трубопроводах больше всего повреждаются гибы из-за коррозионно-усталостных процессов, а также из-за недостаточной компенсации температурных удлинений. К основным повреждениям запорной и регулирующей арматуры относятся дефекты в корпусах вентилях и задвижек, нарушения плотности.

По сравнению с котлами отказы в работе турбин происходят значительно реже. Вместе с тем физико-химические процессы, приводящие к снижению уровня надежности деталей турбин, имеют много общего с процессами на элементах котлов: изменение свойств металла при больших наработках времени, эрозионные процессы. Однако даже серьезные повреждения корпусов цилиндров, стопорных и регулирующих клапанов не приводят к отказам. Аварийные ситуации возникают при поломке лопаток, неисправностях в системе регулирования, повреждениях подшипников. Они вызываются несовершенством технологии пусков, остановов и режимов разгрузки. Повреждение рабочих лопаток под действием потока влажного пара проявляется на последних ступенях части низкого давления турбин. Повреждение роторов обуславливается недостатками изготовления и нарушением режимов пуска и останова, которые приводят к появлению остаточного прогиба.

Ряд отказов можно предотвратить организационно-техническими мероприятиями. Например, обеспечением работы котлов только на

проектном топливе, выбором оптимальных режимов работы. Другие отказы можно предотвратить только заменой оборудования или его отдельных элементов.

Своевременный ремонт высокого технологического уровня с учетом нормативно-технической документации и диагностики обеспечивает надежно длительную работу (таблица 3) оборудования.

Таблица 3 – Показатели надежности энергоблоков по годам после наработки около 200 тыс. ч.

Мощность энергоблока	Год	w, 1/год	ТВ, ч	Коэффициент готовности, %
200 МВт	1	5,68	41	97,4
	2	4,71	31	98,3
	3	9,4	38	96
	4	6,6	37	97,3
	5	4,76	95	95
	6	13,9	82	88,4
300 МВт	1	4,1	16	99,2
	2	7,1	18	98,4
	3	6,8	28	97,8
	4	6,9	25	98
	5	8,8	53	94,8
	6	9,2	57	94,3
500 МВт	1	16,2	42	92,7
	2	20,4	40	91,4
	3	26,5	46	88,1
	4	20,4	118	78,7
	5	18,6	79	85,7
	6	14,4	121	83,5

Сопоставление показателей надежности ПГУ и паротурбинных энергоблоков 200...500 МВт приведено в табл. 4.

Таблица 4 – Сопоставление показателей надежности

Показатели	ПГУ	Энергоблоки
Коэффициент КГ, %	88,9	75...86
Коэффициент вынужденных простоев, %	7,5	6...7
Средняя наработка на отказ Т0, ч	500...600	600...1100

Причинами вынужденных остановов ПГУ являются в основном отказы газовых турбин (таблица 5).

Таблица 5 – Отказы элементов ПГУ

Элементы ПГУ, вызывающие отказ	Вынужденные остановки, %	
	по продолжительности	по числу
Газовые турбины (и их вспомогательные системы)	65,3 (61,4)	58,4 (50,1)
Котлы-утилизаторы (и их системы)	16,5 (22,8)	20,3 (28,5)
Паровые турбины (и их системы)	12,7 (8,2)	11,0 (15,0)
Общестанционное оборудование (устройства управления, циркуляционная система и т.п.)	5,4 (7,6)	11,0 (6,4)

Проводятся капитальные (через 3...4 года), средние (через 2...3 года) и текущие (по несколько раз в год) ремонты. Практически не всегда выполняются ремонты высокого качества, поэтому нередки случаи отказов энергооборудования и по этой причине.

На ТЭС ведется учет аварий и отказов. Под аварией понимается такое нарушение режима ТЭС, когда энергопотребителям недоотпускается более 50 МВт×ч электроэнергии или более 500 МВт×ч теплоты. Отказом 1-й степени считается недоотпуск электроэнергии в размере 5...50 МВт×ч и теплоты 50...500 МВт×ч. К отказам 2-й степени относится недоотпуск электроэнергии менее 5 МВт×ч и теплоты менее 50 МВт×ч.

Аварии и отказы регистрируются оперативным персоналом в картах отказов. Каждая авария и отказ расследуется с установлением причины и конкретных мероприятий для предотвращения их в аналогичных случаях. Карты отказов для анализа поступают в энергоуправление и далее – в техэнерго для ежегодной подготовки и издания сборников по обзору поврежденных энергооборудования ТЭС.

ВЫВОДЫ

Энергоблоки представляют собой крупногабаритные малосерийные или штучные технические изделия, они во многих практических случаях не проходят контрольной общей сборки и испытаний на заводах-изготовителях. Все это в эксплуатации приводит к уменьшению долговечности и выходу из строя энергоблоков. Происходит и естественное их старение, требующее

систематических профилактических ремонтов. Уже через 20...25 лет работы энергоблок значительно снижает свою надежность и экономичность, а через 30...40 лет практически требует замены.

Характерными условиями эксплуатации ТЭС являются нестационарность режимов работы, нестабильность топливного баланса, старение теплоэнергооборудования, неодинаковое количество вновь изготовленного и прошедшего ремонтное обслуживание теплоэнергооборудования энергоблока.

Значительное влияние на надежность работы энергоблоков оказывают большие массы металла теплоэнергооборудования, температура которого резко изменяется при переменных режимах. Возникающие при этом температурные разветки приводят к уменьшению надежности всего энергоблока.

Значимость надежности ТЭС в значительной степени обостряется необходимостью обеспечения непрерывного баланса «выработка - потребление», когда в любой момент времени объем вырабатываемой энергии не может превышать спроса на неё.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС / Под ред. А. И. Андрющенко. – М., 1991. – 303 с.
- 2 **Вентцель, Е. С.** Исследование операций. – М., 1972. – 552 с.
- 3 **Гладышев, Г. П., Гунин, В. П.** Оценка готовности энергоблоков по выработанной энергии // Изв. АН. Энергетика и транспорт. – 1982. – № 1.
- 4 **Черкасов, Г. Н. и др.** К количественной оценке надежности отопительно-производственных котельных // Изв. вузов. Энергетика. – 1987. – № 3.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

А. Т. Шаймерденов

Жылу электр станцияларындағы жабдығының сенімділік бағалау әдісінің талдауы

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 18.09.17 баспаға түсті.

А. Т. Shaimerdenov

Analysis of the equipment reliability estimation methods in the heat power stations

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 18.09.17.

Энерго блоктарының өлшемі кішігірім немесе көп мөлшердегі техникалық бұйымдар болып табылады. Олар көптеген практикалық жағдайларда өндіруші қондырғыларда жалпы жинау мен сынақтарды бақылаудан өтпейді. Осының бәрі жұмыс істеп тұрғанда, электрлік қондырғылардың беріктігінің төмендеуіне әкеледі. Табиғи ескіруіне байланысты жүйелі профилактикалық жөндеуді қажет етеді. 20–25 жыл жұмыс істегеннен кейін, қуат блогы оның сенімділігін және экономикасын айтарлықтай төмендетеді, ал 30–40 жылдан кейін ол іс жүзінде ауыстыруды талап етеді.

Осы мақалада ұзақ мерзімде жұмыс істейтін ЖЭС-ның энергетикалық қондырғыларының сенімділігін бағалау туралы мәселе қаралады. Сенімділік теориясының негізгі ұғымдарына анықтама беріледі, кейіннен оларды ЖЭС-ның энергетикалық қондырғыларына сілтеме жасау арқылы қарастырылады. Сондай-ақ, мақалада жылу электр станциялары жабдықтың жұмыс істемей қалауына байланысты себептері талқыланды.

Power blocks are large-sized small-lot or partial technical products. They do not pass the control of the general assembly in many practical cases and tests at the manufacturing plants. All this operation leads to a decrease durability and failure of power units. There is also a natural aging, which requires systematic preventive repairs. After 20–25 years of operation, the power unit significantly reduces its reliability and economy, and after 30–40 years it actually requires replacement.

In this article, the issue of reliability assessment of power units of HPPs in the course of long-term operation is considered. The definition of the basic concepts of the reliability theory is given for the purpose of their subsequent consideration with reference to the power units of HPPs. Also, the article discusses the reasons for failures in the operation of thermal power plant equipment.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», приставных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **10-12 страниц печатного текста**. *Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).*

Статья должна содержать:

1. **УДК** по таблицам универсальной десятичной классификации;
2. **Инициалы и фамилия** (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (*прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, см. образец*);

3. **Ученую степень, ученое звание, место работы** (учебы), **город** (страна для зарубежных авторов);

4. E-mail;

5. **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (*не более 12 слов, заглавными прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, на трех языках: русский, казахский, английский, см. образец*);

6. **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском языках (*рекомендуемый объем аннотации – 30-150 слов, прописными буквами, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

7. **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (*оформляются на языке публикуемого материала: кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см.*). 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*);

8. **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

– слово **ВВЕДЕНИЕ** / КІРІСПЕ / INTRODUCTION (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре см. образец*).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от призрачного заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно сослаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (*не более 1 страницы*).

– слова **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ** / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки (*не более 10 страниц*).

– слово **ВЫВОДЫ** / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION (*нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (*не более 1 страницы*).

9. **Список использованных источников** включает в себя:

– слово **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ** / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES (*Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре*).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно. Рекомендуемый объем *не более чем из*

20 наименований (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

10. **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисовочные 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.

11. **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

Информация для авторов

Все статьи должны сопровождаться **двумя рецензиями** доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор. **Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.** Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и квитанции об оплате) следует направлять по адресу: **140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.**

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: kereku@psu.kz.

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654 АО «Цеснабанк» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654 АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBK KZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861
---	---

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:

УДК 316:314.3

А. Б. Есимова

к.п.н., доцент, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Яссави, г. Туркестан

e-mail: ad-ad_n@mail.ru

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящей статье автор дает анализ отличительных особенностей репродуктивного поведения женщины сквозь призму семейно-родственных связей.

Ключевые слова: репродуктивное поведение, семейно-родственные связи.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отрасль мобильной робототехники переживает бурное развитие. Постепенно среда проектирования в области мобильной ...

Продолжение текста

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в ...

Продолжение текста публикуемого материала

ВЫВОДЫ

В этой статье мы представили основные спецификации нашего мобильного робототехнического комплекса ...

Продолжение текста

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

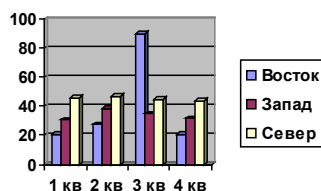


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2–е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).

2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.

3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587. 4 http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0.

А. Б. Есімова

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.

A. B. Yessimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

A. Yesevi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.

Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлқында айырмашылықтарын талдайды.

In the given article the author analyzes distinctions of reproductive behavior of married women of Kazakhstan through the prism of the kinship networks.

Теруге 18.09.2017 ж. жіберілді. Басуға 28.09.2017 ж. қол қойылды.
 Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
 Көлемі шартты 18 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
 Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
 Корректор: А. Р. Омарова
 Тапсырыс № 3092

Сдано в набор 18.09.2017 г. Подписано в печать 28.09.2017 г.
 Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
 Объем 18 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
 Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
 Корректор: А. Р. Омарова
 Заказ № 3092

«КЕРЕКУ» баспасынан басылып шығарылған
 С. Торайғыров атындағы
 Павлодар мемлекеттік университеті
 140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы
 С. Торайғыров атындағы
 Павлодар мемлекеттік университеті
 140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
 67-36-69
 e-mail: kereku@psu.kz