

**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

№ 4 (2018)

Павлодар

МАЗМҰНЫ**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВОО постановке на учет, переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 17022-Ж

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленностьпубликация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,
электромеханики и теплоэнергетики**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Нефтисов А. В., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Шапкенов Б. К., *к.техн.н., профессор***Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Боровиков Ю. С.,	<i>д.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>
Бороденко В. А.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Марковский В. П.,	<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

Абдаков М. Г., Жамангарин Д. С, Байкенова. Г. М, Смайлов Н. К. ФТТВ технологиясы бойынша кең жолақты байланыс желісін талшықты-оптикалық кабельдер арқылы іске асыру	14
Алимгазин А. Ш., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Автономды тұтынушылар үшін балама көздердің артықшылықтары	21
Алимгазин А. Ш., Кислов А. П., Бергузинов А. Н., Омаров К. С., Бахтиярова С. Е., Бахтыбаев А. О. Павлодар облысының өнеркәсіп, әлеуметтік сала және аграрлық секторындағы объектілерді энергиямен қамтамасыз етудің тиімділігін арттыру үшін баламалы энергия көздерін пайдалана отырып «Жасыл» технологияларды қолдану	29
Амренов Ш. Д. Жылу электр станцияларындағы күл ұстау негіздері	42
Ахметбаев Д. С., Нуралин А. Е. Жүктелік трансформатордың РПН құрылғыларының цифрлық диагностикасының тиімділігі жөнінде	50
Баубек А. А., Жумагулов М. Г., Картджанов Н. Р. Дәндерті кептіруге оның ылғалдылығынан тәуелді жылу шығыны	59
Бақтыбаева С. А. Болашақ физика мұғалімдерінің кәсіби біліктілігін қалыптастырудағы жартылай өткізгіш физиканың рөлі	66
Бейсембаев Н. К., Жапаргазинова К. Х. «Компания НЕФТЕХИМ LTD» ЖШС-ң мономерді майда тазарту блогын модернизациялау	73
Бекенов А. К., Шупеева Ш. М. Тұрғын үй қорының тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығында құралдарының бірі ретінде термомодернизация энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру	88
Бекенова М. Ә., Еселханова Г. Ә., Қаңтарбаева А. Д. Қазақстан Республикасында өңдеу өнеркәсібі ерекшеліктері	96
Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н., Искаков У. К., Швец Д. И. Топар қалашығындағы № 3 көмірді ұнтақтау – қондырғысының электр желісінің есептеу сипаттамасы	102
Булатов Н. Қ., Балабаев О. Т., Саржанов Д. К., Сулейменов Т. Б., Акишев Қ. А. Биореактор шнегін биомассаны көтеру бұрышы бойынша орналастыру арқылы биогаз қондырғысын жетілдіру	116
Елубай М. А., Кожахметова М. М., Толегенов Д. Т. Этил-трет-бутилді эфир қолдану артықшылықтары	124

Әділқанова М. Ә., Абдулина С. А., Кокаева Г. А., Ықсан Ж. М. Құрамында селені бар өнімдерден селеннің айдау дәрежесіне негізгі факторлардың әсерін анықтау	131
Жапаргазинова К. Х., Карамурзина А. А. Ферросилицийдің химиялық құрамын анықтаудың физико-химиялық әдістері	143
Жумагулов К. К., Цыба Ю. А., Мустафина Р. М., Сарсикеев Е. Ж. Керуге қарсы орнақтарында сымды созу кезіндегі энергия шығынын оңтайландыру	152
Ивель В. П., Герасимова Ю. В., Молдахметов С. С., Петров П. А. ЭКГ-сигналдарды сымсыз тарату жүйесін өзірлеу технологиясы	161
Испулов Н. А., Жумабеков А. Ж., Кадиров К. К., Камашев С. А. Arduino микробақылаушысын пайдаланып ауадағы газ буларын тіркеу	168
Исупова Н. А., Серикбай Д. К. Қорғау тәсілі асинхронды қозғалтқыштардың электр станциялары	174
Қанаев А. Т., Богомоллов А. В., Дычко И. Н., Вайнорюте В. В. Құрылымы әртүрлі болаттарды беріктендіру механизмдерінің тиімділігін сандық бағалау	181
Қарабалина Ф. М. БКЗ-420-140 қазандығының қоршаған ортаға нақты жылу шығындарын анықтау	192
Карамбаев Д. Ж., Кишубаева Т. А. Желқозғалтқыштың жұмысында ауа ағынының энергиясын басқару	199
Карбаев Н. К., Абишев К. К., Шонтаев Д. С., Оразалиев Б. Т., Сағатбекова А. Б. Өздігінен жүретін бетон араластырғыштың тербелуіне жолдың толқындылығының әсері жайлы мәселелер	209
Келаманов Б. С., Жумағалиев Е. У., Самуратов Е. К., Акуев А. М., Абілберікова А. А. Ni-Fe-Cr-C жүйесінің термодинамикалық-диаграммалық талдануы	216
Кислов А. П., Бойко Г. Ф., Птицын Д. В. Ірі жылу электр станцияларының тиімділігін арттырудың сыртқы және отандық тәжірибесі	226
Копишев Э. Е., Сулейменов И. Э., Матрасулова Д., Шалшыкова Д. Б., Ниязова Г. Б., Копишев И. Е. Жасанды зият құрудағы жаңа көзқарас: шығармашылықты модельдеу ...	236
Кошеков К. Т., Савостина Г. В., Ларгина И. А. Электр кардиосигналдағы жоғары жиілікті кедергілерді басу үшін вейвлетті талдауды қолдану	247
Кошекова Б. В., Кликушин Ю. Н., Савостин А. А. Сейсмограммаларды сәйкестендіріп өлшейтін компьютерлік аспаптар ...	257
Кошумбаев М. Б., Тілебалды С. Б. Бұрғыш учаскенің өткізу қабілеті жоғары тікелей ағынды гидротурбинаның жаңа құрылымын өзірлеу	267

Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Рагхаван К., Волгин М. Е. Кәсіпорындар мен олардың бөлімшелерінің электр параметрлерін нормалау	272
Матаев А. Г., Бергузинов А. Н. Павлодар облысының Ақсу қаласы жағдайында суды дайындаудың заманауи технологияларына талдау	281
Мухамедина М. Е., Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н. Диагностикалау – электр энергетикалық жүйелердегі электр техникалық жабдықтардың сенімділігін арттыру әдісі ретінде	294
Нукенов К. К. Күн энергиясы және жылу сорғысы комбинациялау тәсілі ретінде энергия шығындарын төмендету	302
Приходько Е. В., Дуйсеқенова А. Т. Анықтау энергетикалық жабдықтар жұмысының сенімділігін	312
Приходько Е. В., Конкин Я. И. Градирнялардың жұмысының тиімділігін талдау	319
Серіктай М. К. Екіншілік энергия ресурстарын қолдану арқылы жылумен кешенді қамтамасыз ету жүйелерін оңтайландыру жолымен қайрат қондырғыларының тиімділігін арттыру	325
Сулейменов И. Э., Габриелян О. А., Пак И. Т., Мун Г. А., Копишев Э. Е., Игликов И. В. Көпшілік санасын билеудің заманауи тәсілдеріне қарсы тұру технологияларын іске асыру қағидалары	332
Танабаева А. Е., Есбенбетова Ж. Х., Серимбетов Б. А. Қазақстан Республикасы кәсіпорындарының кәсіби тәуекелдерін басқарудағы ақпараттық технологияларды қолдану	347
Таңжарықов П. Ә., Амангелдиева Г. Б., Сейілбекова Ж. С., Сұлтан Қ. Сұйық мұнайлы эмульсияны тасымалдайтын құбырларды пайдалану кезіндегі коррозия жылдамдығын анықтау	353
Тютебаева Г. М., Абишев С. Т. Көкшетау қаласын энергиямен қамтамасыз ету жүйесін жетілдіру	359
Тютебаева Г. М., Айдильдинов А. К. Жылу электр станцияларында деаэракторсыз жүйелерін қолдану	370
Тютебаева Г. М., Алдиярова А. Н. Утилизаторлық қазандықтар мен газ турбиналық қондырғыларды пайдалану арқылы Алматы ЖЭО-1 техникалық қайта жарақтандыруы ...	379
Тютебаева Г. М., Нуралина Н. М. Ақтау қаласында жылу энергетикалық қосылысының дамыту мақсатымен бу-газ қондырғылықтар келешегі	388
Уразалимова Д. С., Нурманов М. М. Құбырларды үздіксіз прокаттау процесін дамыту	395

Шанов И. В., Приходько Е. В.

Аса қуатты электролизерді құрудағы маңызды кезең ретінде
күйдірілген анодтардың сапасын арттыру399

Шорманов С., Төлеуғали С., Әбдрахманова Н.

Қазақстан Республикасының құрылыс секторындағы еңбекті қорғау406

Авторларға арналған ережелер416

СОДЕРЖАНИЕ**Абдаков М. Г., Жамангарин Д. С., Байкенова Г. М., Смайлов Н. К.**

Реализация широкополосной сети связи по технологии FTTB
посредством волоконно-оптических кабелей 14

**Алимгазин А. Ш., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П.,
Марковский В. П., Шапкенов Б. К.**

Преимущества альтернативных источников
для автономных потребителей21

**Алимгазин А. Ш., Кислов А. П., Бергузинов А. Н., Омаров К. С.,
Бахтиярова С. Е., Бахтыбаев А. О.**

Применение «зеленых» технологий с использованием альтернативных
источников энергии для повышения эффективности энергообеспечения
объектов в промышленности, социальной сфере
и аграрном секторе Павлодарской области29

Амренов Ш. Д.

Основы золоулавливания на тепловых электрических станциях42

Ахметбаев Д. С., Нуралин А. Е.

Об эффективности цифровой диагностики устройств РПН силовых
трансформаторов50

Баубек А. А., Жумагулов М. Г., Картджанов Н. Р.

Затраты теплоты на сушку зерна в зависимости от его влажности59

Бахтибаева С. А.

Роль физики полупроводников в формировании профессиональной
компетентности будущих учителей физики66

Бейсембаев Н. К., Жапаргазинова К. Х.

Модернизация блока тонкой очистки мономера ТОО «Компания
НЕФТЕХИМ LTD»73

Бекенов А. К., Шупеева Ш. М.

Термомодернизация жилого фонда как один из инструментов
энергосбережения и повышения энергоэффективности
в жилищно-коммунальном хозяйстве88

Бекенова М. А., Еселханова Г. А., Кантарбаева А. Д.

Особенности обрабатывающей промышленности
в Республике Казахстан96

Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н., Искаков У. К., Швец Д. И.

Расчет характеристик электроприводов углелылепитателей
котлоагрегата № 3 Топарской ГРЭС102

**Булатов Н. К., Балабаев О. Т., Саржанов Д. К.,
Сулейменов Т. Б., Акишев К. А.**

Совершенствование биогазовой установки путем размещения шнека
биореактора под углом подъема биомассы116

Елубай М. А., Кожаметова М. М., Толегенов Д. Т. Перспектива использования ЭТБЭ	124
Әділқанова М. Ә., Абдулина С. А., Кокаева Г. А., Ықсан Ж. М. Определение влияния основных факторов на степень отгонки селена из селеносодержащих промпродуктов	131
Жапаргазинова К. Х., Карамурзина А. А. Физико-химические методы определения химического состава ферросилиция	143
Жумагулов К. К., Цыба Ю. А., Мустафина Р. М., Сарсикеев Е. Ж. Оптимизация энергозатрат при волочении проволоки на станах с противонапряжением	152
Ивель В. П., Герасимова Ю. В., Молдахметов С. С., Петров П. А. Технология разработки системы беспроводной передачи ЭКГ-сигналов	161
Испулов Н. А., Жумабеков А. Ж., Кадиров К. К., Камашев С. А. Использование микроконтроллера Arduino для регистрации газовых паров в воздухе	168
Исупова Н. А., Серикбай Д. К. Способ защиты асинхронных двигателей электрических станций	174
Канаев А. Т., Богомоллов А. В., Дычко И. Н., Вайнорюте В. В. Количественная оценка эффективности механизмов упрочнения сталей с различным структурным состоянием	181
Карабалина Ф. М. Определение реальных тепловых потерь в окружающую среду котла БКЗ-420-140	192
Карамбаев Д. Ж., Кишубаева Т. А. Управление энергией воздушного потока в работе ветродвигателя	199
Карбаев Н. К., Абишев К. К., Шонтаев Д. С., Оразалиев Б. Т., Сагатбекова А. Б. К вопросу о влиянии волнистости дороги на колебания самоходного бетоносмесителя	209
Келаманов Б. С., Жумагалиев Е. У., Самуратов Е. К., Акуев А. М., Абілберікова А. А. Термодинамически-диаграммный анализ системы Ni-Fe-Cr-C	216
Кислов А. П., Бойко Г. Ф., Птицын Д. В. Зарубежный и отечественный опыт повышения эффективности работы крупных тепловых электростанций	226
Копишев Э. Е., Сулейменов И. Э., Матрасулова Д., Шалтыкова Д. Б., Ниязова Г. Б., Копишев И. Е. Новый подход к созданию искусственного интеллекта: моделирование творчества	236
Кошекков К. Т., Савостина Г. В., Ларгина И. А. Применение вейвлетного анализа для подавления высокочастотных помех в электрокардиосигнале	247

Кошеккова Б. В., Кликушин Ю. Н., Савостин А. А. Компьютерные приборы идентификационных измерений сейсмограмм ..	257
Кожумбаев М. Б., Тілебалды С. Б. Разработка новой конструкции прямоточной гидротурбины с повышенной пропускной способностью отводящего участка	267
Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Рагхаван К., Волгин М. Е. Нормирование электрических параметров предприятий и их подразделений	272
Матаев А. Г., Бергузинов А. Н. Анализ современных технологий водоподготовки в условиях города Аксу Павлодарской области	281
Мухамедина М. Е., Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н. Диагностирование – как метод повышения надежности электротехнического оборудования в электроэнергетических системах	294
Нукенов К. К. Комбинированная система солнечной энергии и тепловых насосов как способ снизить затраты на электроэнергию	302
Приходько Е. В., Дуйсекенова А. Т. Определение надёжности работы энергетического оборудования	312
Приходько Е. В., Конкин Я. И. Анализ эффективности работы градирен	319
Сериктай М. К. Повышение экономичности энергоустановок путем оптимизации схем комплексного теплоснабжения за счет использования вторичных энергоресурсов	325
Сулейменов И. Э., Габриелян О. А., Пак И. Т., Мун Г. А., Копишев Э. Е., Игликов И. В. Принципы реализации технологий противодействия современным средствам манипуляции массовым сознанием	332
Танабаева А. Е., Есбенбетова Ж. Х., Серимбетов Б. А. Применение информационных технологий в управлении профессиональными рисками предприятий Республики Казахстан	347
Танжариков П. А., Амангелдиева Г. Б., Сейлбекова Ж. С., Султан К. Определение скорости коррозии при использовании жидкостных нефтяных эмульсионных трубопроводов	353
Тютебаева Г. М., Абишев С. Т. Совершенствование системы энергообеспечения г. Кокшетау	359
Тютебаева Г. М., Айдильдинов А. К. Применение бездеаэрационных систем на тепловых электрических станциях	370
Тютебаева Г. М., Алдиярова А. Н. Техническое перевооружение Алматинской ТЭЦ -1 с использованием газотурбинных установок и котлов утилизаторов	379

Тютебаева Г. М., Нуралина Н. М. Перспективы технического перевооружения энергокомплекса г. Актау ...	388
Уразалимова Д. С., Нурманов М. М. Развитие процесса непрерывной прокатки труб	395
Шанов И. В., Приходько Е. В. Повышение качества обожженных анодов, как важный этап в создании сверхмощного электролизера	399
Шорманов С. Т., Толеугали С. Т., Абдрахманова Н. Б. Охрана труда в строительном секторе Республики Казахстан	406
Правила для авторов	416

CONTENT

Abdakov M., Jamangarin D., Baikenova G., Smailov N. Implementation of a broadband communication network using FTTB technology via fiber optic cables	14
Alimgazin A. Sh., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Markovsky V. P., Shapkenov B. K. Advantages of alternative sources for autonomous consumers	21
Alimgazin A. Sh., Kislov A. P., Berguzinov A. N., Omarov K. S., Bakhtiyarova S. E., Bakhtybaev A. O. Application of «green» technologies with the use of alternative energy sources to improve the energy supply efficiency of objects in the industry, social area and agriculture in Pavlodar region	29
Amrenov Sh. D. Foundations of ash collection on thermal power plants	42
Ahmetbayev D. S., Nuralin A. E. About the efficiency of digital diagnostics of ROD devices of power transformers	50
Baubek A. A., Zhumagulov M. G., Kartjanov N. R. Cost of heat for grain drying depending on its moisture	59
Bakhtibaeva S. A. The role of semiconductor physics in the formation of professional competence of future physics teachers	66
Beisembayev N. K., Zhapargazinova K. H. Modernization of «Company NEFTEKHIM LTD» LP's monomer fine cleaning unit	73
Bekenov A. K., Shupeyeva Sh. M. Thermomodernization of housing stock as one of instruments of energy saving and increase in energy efficiency in housing and communal services ..	88
Bekenova M. A., Eselhanova G. A., Kantarbaeva A. D. The features of the processing industry in the Republic of Kazakhstan	96
Bulatbayeva Y. F., Bulatbayev F. N., Iskakov U. K., Shvets D. I. Calculation of the characteristics of the electric drives of the carbon deposits of the boiler heater № 3 of the Toparsk city district electric station	102
Bulatov N. K., Balabaev O. T., Sarzhanov D. K., Suleymenov T. B., Akishev K. A. Improvement of biogas installation by placement of the screw of the bioreactor at an angle of biomass raising	116
Yelubay M. A., Kozhakhmetova M. M., Tolegenov D. T. Perspectives of ethyl tert-butyl ether use	124
Adilkanova M. A., Abdulina S. A., Kokayeva G. A., Yksan Zh. M. Determination of the influence of the main factors on the degree of distillation of selenium from selenium-containing industrial products	131

Zhapargazinova K. K., Karamurzina A. A. Physical-chemical methods for determination of the chemical composition of ferrosilicon	143
Zhumagulov K. K., Cyba U. A., Mustafina R. M., Sarsikeev E. Zh. Energy consumption optimization on wire drawing machines with a back tension	152
Ivel V., Gerasimova Y., Moldakhmetov S., Petrov P. The ECG signal wireless transmission system development technology	161
Ispulov N. A., Zhumabekov A. Zh., Kadirov K. K., Kamashev S. A. Use of the Arduino microcontroller to register gas vapors in the air	168
Isupova N. A., Serikbay D. K. The method of protection of induction motors of power plants	174
Kanayev A. T., Bogomolov A. V., Dychko I. N., Vainoryute V. V. Quantitative assessment of efficiency of mechanisms of hardening of steels with different structural states	181
Karabalina F. M. Determination of real heat losses in the environment of the boiler BKZ-420-140	192
Karambayev D. Zh., Kishubayeva T. A. Air flow control in wind engine operation	199
Karbaev N. K., Abishev K. K., Shontaev D. S., Orazaliev B. T., Sagatbekova A. B. To the question of the influence of the wave of the road on the self-proof of the self-construction concrete mixer	209
Kelamanov B. S., Zhumagaliev E. U., Samuratov E. K., Akuov A. M., Abilberikova A. A. Thermodynamic-diagram analysis of Ni-Fe-Cr-C system	216
Kislov A. P., Boyko G.F., Ptitsin D. V. Foreign and domestic experience of improving the efficiency of large thermal power plants	226
Kopishev E. E., Suleimenov I. E., Matrasulova D., Shaltykova D. B., Niyazova G. B., Kopishev I. E. New approach for creating artificial intelligence: modeling creativity	236
Koshekov K. T., Savostina G. V., Largina I. A. Application of wavelet analysis to reduce high-frequency interference in the electrocardiographic signal	247
Koshekova B. V., Klikushin Yu. N., Savostin A. A. Computer devices of identification measurements of seismograms	257
Koshumbayev M. B., Tilebaldi S. B. Development of a new design of a direct-flow hydro turbine with increased throughput capacity of the outlet section	267
Markovsky V. P., Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Raghavan K., Volgin M. E. Rationing of electrical parameters of the enterprises and their divisions	272

Matayev A., Berguzinov A. Analysis of water treatment modern technology in area of Aksu city, Pavlodar region, Kazakhstan	281
Mukhamedina M. E., Bulatbayeva Y. F., Bulatbayev F. N. Diagnostics – as a method to improve the reliability of electrotechnical equipment in electric power systems	294
Nukenov K. K. Combined system of solar energy and thermal pumps as to how to reduce emissions to electric power	302
Prihod'ko E. V., Duysekenova A. T. Determination of the reliability of work of energy equipment	312
Prihod'ko E. V., Konkin Ya. I. Analysis of the cooling tower efficiency	319
Seriktay M. K. Increasing the economy of power installations by optimizing the scheme of complex heat supply during the use of secondary energy	325
Suleimenov I. E., Gabrielyan O. A., Pak I. T., Mun G. A., Kopishev E. E., Iglikov I. V. Principles of implementation of resistance technologies to modern means of manipulation with mass consciousness	332
Tanabayeva A., Yesbenbetova Zh., Serimbetov B. Applications of information technology in the management of professional risks of enterprises of the Republic of Kazakhstan	347
Tanzharykov P. A., Amangeldieva G. B., Seilbekova Zh. S., Sultan K. Determination of corrosion rate when using liquid oil emulsion pipelines	353
Tyutebayeva G. M., Abishev S. T. Improving the energy performance of Kokshetau city	359
Tyutebayeva G. M., Aidildinov A. K. Operation of thermal power plants without deaerators system	370
Tyutebayeva G. M., Aldiyarova A. N. Technical transformation of Almaty city CHPP -1 with the use of gas turbine installations and waste heat-recovery boilers	379
Tyutebayeva G. M., Nuralina N. M. Prospects of a combined-cycle plants for the purpose of developing a heat energy complex in Aktau city	388
Urazalimova D. S., Nurmanov N. N. The development of the process of continuous rolling of tubes	395
Shanov I. V., Prihod'ko E. V. Upgrading of burnt anodes as the important stage in the creation of super-power electrolyzer	399
Shormanov S., Toleugali S., Abdrakhmanova N. Labor protection in the construction sector of the Republic of Kazakhstan	406
Rules for authors	416

**М. Г. Абдаков¹, Д. С. Жамангарин²,
Г. М. Байкенова³, Н. К. Смайлов⁴**

¹магистрант, Қ. И. Сәтбаев атындағы ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы;

²аға оқытушысы, Қазақстан инновациялық және телекоммуникациялық жүйелер университеті, Орал қ., 090006, Қазақстан Республикасы;

³лектор, Қ. И. Сәтбаев атындағы ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы;

⁴PhD доктор, сениер-лектор, Қ. И. Сәтбаев атындағы ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы
e-mail: ⁴Nur_aly.kz@mail.ru; ¹maulenpw@gmail.com

FTTB ТЕХНОЛОГИЯСЫ БОЙЫНША КЕҢ ЖОЛАҚТЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІСІН ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ КАБЕЛЬДЕР АРҚЫЛЫ ІСКЕ АСЫРУ

Талшықты-оптикалық кабельдер кең жолақты телекоммуникациялық желілер жасаудың ең тиімді түрі болып табылады. FTTx архитектурасы – IP базасында кез келген қызмет көрсету үшін жақсы болады. Мақалада «соңғы миля» – FTTB (талшықты ғимаратқа, кіреберіске дейін жеткізу), оның үш деңгейлі моделін құрастыруды қарастырады.

Кілтті сөздер: FTTx технологиясы, желіге қол жеткізу, FTTB технологиясы, қол жетімділік деңгейі, таралу деңгейі, ядро деңгейі.

КІРІСПЕ

Абоненттік желілер телекоммуникациялық инфрақұрылымның негізгі компоненттерінің бірі, ал оларды жасау мен жетілдіруге кететін шығын операторлар бюджетінің біраз бөлігін құрайды. Желіге қол жеткізудің шешімі тиімді инвестициялық шығын болғанда пайдаланудың сенімділігі мен қарапайымдылығына қойылатын қатаң талаптарға сәйкес болуы керек. Қол жеткізу желісін құру пайдаланушыға көрсетілетін электр байланыс үш түрін: сөйлеуді жіберу (дыбыс, телефон байланысы, сөйлеу почтасы және т.б.); мәліметтерді беру (Ғаламтор, факс, электронды почта, компьютерлік файлдар, электронды төлемдер және т.б.); бейнеақпараттарды беру (теледидар, сұраныс бойынша бейнелерді, бейнеконференцияларды және т.б.) қамтуы тиіс.

Кең жолақты мүмкіндіктің көптеген алдыңғы қатарлы технологияларының ішінде мультисервистік қызмет көрсете алатын оптикалық талшықты FTTx технологиясы ерекшеленеді.

FTTx – бұл өткізгішті байланыс операторлары сияқты ұялы желілік байланыс операторлары белсенді түрде дамитын перспективті интернет технологияларының бірі. Қысқартылған атау (аббревиатура) Fiber To The x деп талданады, мұндағы x қандай-да бір нүкте, яғни сіздің пәтеріңіз, қала сыртындағы үй немесе кеңсе.

НЕЗІЗГІ БӨЛІМ

Талшықты – оптикалық кабельдер кең жолақты телекоммуникация саласында желілермен байланыс жасаудың ең тиімді түрі болып табылады.

Сонымен қатар мультисервистік қызмет көрсете алатын оптикалық талшықты FTTx технологиясымен ерекшеленіп қана қоймай қызмет көрсету спасыда өте жоғары. FTTB технологиясы бойынша кең жолақты байланыс желісін талшықты-оптикалық кабельдер арқылы іске асыру барысында қолданылатын технологиялар қысқаша атап көрсетіледі.

FTTx технологиялар сызғышының жалпы аталуын көрсетеді (1-сурет):

– FTTH (Fiber To The Home) – оптикалық талшық дәл сіздің үйіңізге/пәтеріңізге жеткізілген;

– FTTB (Fiber To The Building) – оптикалық талшық ғимаратқа дейін жетеді, әрі қарай басқа технологиялардың (Ethernet) көмегімен пәтерлерге таратылады;

– FTTN (Fiber to the Node) – оптикалық талшықты сигнал желілік түйінде таралады;

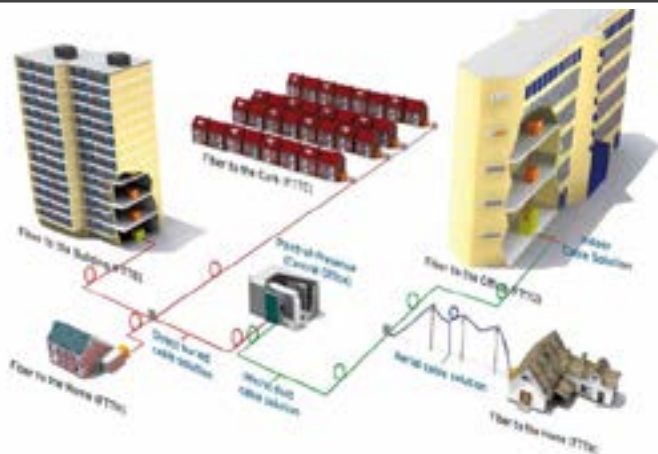
– FTTD (Fiber to the desktop) – сигнал дәл желіні пайдаланушының бөлмесіне жеткізіледі (оны FTTS деп те айтады, мұндағы соңғы әріп Subscriber немесе жазылушы);

– FTTC (Fiber To The Curb) – талшықты кабельді шкафқа дейін жеткізу.

FTTx үшін аздаған өзгерістермен берілген нұсқалардың жиынтығы болады.

Көптеген байланыс операторлары үшін техникалық және экономикалық көзқарас бойынша FTTB технологиясында кез келген ғимараттың ішінде, әсіресе бизнес-орталықтарда дайын телекоммуникациялық желі бар және оны қайтадан жасаудың қажеті болмағандықтан тиімді болып табылады.

Бекітілген операторларға қарағанда, сымсыз байланыс операторлары бірегей тарифпен қолайлы конвергентті: ұялы байланыс, абоненттер де жоғары баға беретін сымды интернет пен теледидар сияқты қызмет түрлерін ұсынады.



Сурет 1 – FTТх қол жетімді абоненттік желі технологиясының типтері

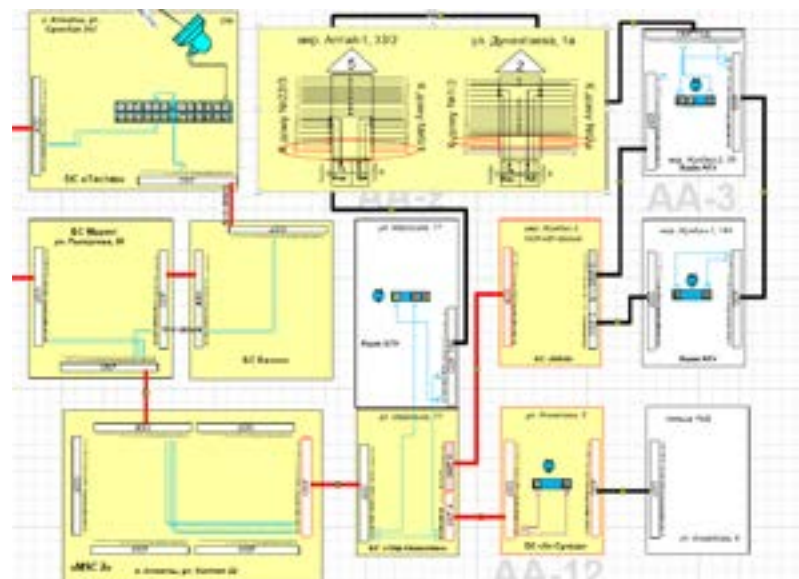
FTTB желілері үш деңгейлі схема бойынша жасалады және Қол жеткізу Деңгейінің (Access Layer) қондырғысын, Агрегация Деңгейін (тарату, Aggregation Layer) мен Желі ядросының Деңгейін (Backbone layer) қамтиды.



Сурет 2 – Желінің үш деңгейлі архитектурасы

Қол жеткізу Деңгейінің Топологиясы – көлемдік сақина тәрізді болады. Көлемдік сақинаның ішінде әрбір сақинада көп жағдайда ұжымдық қол жеткізу нүктесі (ҰҚН) -(ТҚД) 5-тен көп болмайтын логикалық сақиналардан

жасалған. ҰҚН-нің максималды саны 50-ге дейін, яғни логикалық сақиналардың максималды саны 10 агрегация түйініндегі бір коммутаторға келеді. (Әрбір логикалық сақинада 5 ҰҚН-дан 10 сақина). Сақиналар агрегация түйінінде тұйықталады. Көлемдік сақиналардың ішінде логикалық сақиналар болады, олардың әрқайсысында 5-тен кем емес ұжымдық қол жеткізу нүктесі (ҰҚН) болуы керек. Көлемдік сақинадағы ҰҚН-нің максималды саны 50-ге дейін, яғни көлемдік сақинаның максималды саны агрегация түйініндегі бір коммутаторға 10-нан (әрбір логикалық сақинада 5 ұжымдық қол жеткізу нүктесіне (ҰҚН) 10 сақинадан) келеді. Сақиналар агрегация түйінінде тұйықталады. Көлемдік сақиналар бірнеше болуы мүмкін. 2-суретте қол жеткізу деңгейінің көлемдік сақиналарын құру мысалы келтірілген.



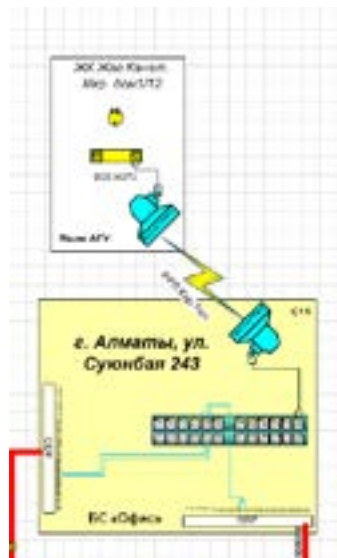
Сурет 3 – Қол жеткізу Деңгейінің көлемдік сақиналарын құру мысалы

Агрегация Деңгейінің Топологиясы – көлемдік сақина. Көлемдік сақинаның ішінде логикалық сақиналар жасалады, логикалық сақиналардағы агрегация деңгейіндегі жабдықтар саны 4-тен аспайды. Сақиналар түйіндерде – ядро тұйықталады. Ядро Деңгейінің Топологиясы – сақина. Сақинадағы ядро деңгейіндегі жабдықтар саны шектелмеген.

Қол жеткізу Деңгейіне пайдаланушылар өздері қосылады. Қол жеткізу Деңгейі абоненттік линияларды шоғырландыруды жүзеге асырады, Ethernet

деңгейінде (VLAN) абоненттерінің виртуалды желісін жасайды, желіге кіретін мәліметтерді беру жылдамдығын шектейді, қауіпсіздік функциясын қамтамасыз етеді. Абоненттерге Таралу Деңгейіне мүмкіндік береді.

Желіні жобалау кезінде, қажетті аймақты қамтамасыз етуді ескере отырып, жаңа жабдықты орнату керек, сондай-ақ Оптикалық – талшықты кабелін қымбатқа орнату қажет.



Сурет 4 – Ауданның АА-12 аймағында С11-ге қосылу схемасы

ҚОРЫТЫНДЫ

Агрегация деңгейі қол жеткізу деңгейін IP протоколын пайдалану арқылы виртуалды желіні терминдейді, каналдардың агрегациясы мен бағдарлауын жүзеге асырады, қауіпсіздікті қамтамасыз етеді және желіде қызмет көрсету сапасын басқарады. Бұл деңгейде соңғы пайдаланушылар үшін желі саясаты көрсетіледі, broadcast және multicast жіберулерінің домендері жасалады, желі Ядросының Деңгейіне жоғары жылдамдықпен қол жеткізуді қамтамасыз етеді. Осылайша, Агрегация Деңгейі қол жеткізу деңгейі мен ядро арасындағы байланыстырушы звено болып табылады және желідегі әртүрлі қызмет түрлерімен жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Желінің Ядро немесе транспорттық Деңгейі жылдамдығы жоғары және сенімді магистраль болады. Ядро арқылы берілетін трафик көптеген пайдаланушылар үшін жалпы боып табылады. Пайдаланушылардың деректері қажет болған кезде ядроға сұрату жасалатын тарату деңгейінде

өңделеді. Жалпы жағдайда желі келесі түрде – агрегация әрбір түйіннен өтетін және кабельді каналы арқылы сақиналы топология бойынша бір ҰҚН-нан басқасына (2-сурет) және әбден пісіру әдісінің схемасын (1-сурет) сақтай отырып, кросс ішінде пісірілетіндей (сақина агрегация түйінінде тұйықталады) тізбекті түрде оптикалық кабель тартылатын әуе-кабельді әдіспен жобаланады [3].

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 FTTX : где остальное место для «х» // Журнал «Сети и системы связи». – № 9. – 2008, сентябрь.

2 **Спирин, В. Н.** Варианты реализации широкополосной сети по технологии «волокно в дом». // «Теле-Мульти-Медиа» журнал по широкополосным сетям и мультимедийным технологиям. – 2009, Июнь.

3 Общие требования к проектированию и строительству сети широкополосного доступа (ФТТВ) «Билайн» в Казахстане (версия 5). – ТОО «2 Day Telecom», 2013.

4 **Коввесто, П.** FTTx. Принципы построения, технологии и решения для монтажа. – Nestor Cables Ltd., 2010.

5 FTTx : Где оптимальное место для «х» // Журнал «Сети и системы связи». № 9. 2008, сентябрь.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

М. Г. Абдаков¹, Д. С. Жамангарин², Г. М. Байкенова³, Н. К. Смайлов⁴

Реализация широкополосной сети связи по технологии ФТТВ посредством волоконно-оптических кабелей

^{1,3,4}Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева,

г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

²Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем,

г. Уральск, 090006, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

M. Abdakov¹, D. Jamangarin², G. Baikenova³, N. Smailov⁴

Implementation of a broadband communication network using FTTB technology via fiber optic cables

^{1,3,4}К. I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

²West Kazakhstan Innovation and Technology University, Oral, 090006, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Волоконно-оптические кабели являются наиболее эффективной формой широкополосных телекоммуникационных сетей. Архитектура FTTH хороша для любого сервиса на базе IP. В статье рассматривается «последняя миля» - создание трехуровневой модели – FTTB (перенос волокна на фронт, на вход).

Fiber optic cables are the most efficient form of broadband telecommunication networks. FTTH architecture is good for any IP based service. The article discusses the «last mile» – the creation of a three-level model – FTTB (transfer of fiber to the front, to the entrance).

ГРНТИ 44.29.01

А. Ш. Алимгазин¹, А. Б. Кайдар², М. Б. Кайдар³, А. П. Кислов⁴, В. П. Марковский⁵, Б. К. Шапкенов⁶

¹директор, НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии», д.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²м.т.т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081000, Республика Казахстан;

³менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁶к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹alimgazin_altai@mail.ru; ²argin_intel@mail.ru;

³1m.kaidar@amangeldygas.kz; ⁴argin_intel@mail.ru; ⁵wadim54@mail.ru

ПРЕИМУЩЕСТВА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В статье отмечается, что доля традиционной топливной энергетики в мировом энергобалансе будет непрерывно сокращаться, а на смену придет нетрадиционная – альтернативная энергетика, основанная на использовании возобновляемых источников энергии. И от того, с какими темпами это произойдет в конкретной стране, зависит не только ее экономическое благополучие, но и ее независимость, ее национальная безопасность.

В результате преимущественному использованию возобновляемых источников и развитию альтернативной энергетики отдается предпочтение в основном в тех регионах, где это является наиболее очевидным решением сложившихся энергетических проблем. Казахстан располагает значительными ресурсами ветровой энергии, в том числе в тех регионах, где отсутствует централизованное электроснабжение, но даже в этих районах энергетические проблемы таким образом решать почти не пытаются.

Приведенные зависимости себестоимости электроэнергии от мощности при удаленности источника от потребителя на

различные расстояния целесообразно использовать при принятии конкретных управленческих решений в ходе реализации коммерческих ветроэнергетических проектов

Ключевые слова: энергосбережение, возобновляемые источники, альтернативная энергетика, удаленные потребители.

ВВЕДЕНИЕ

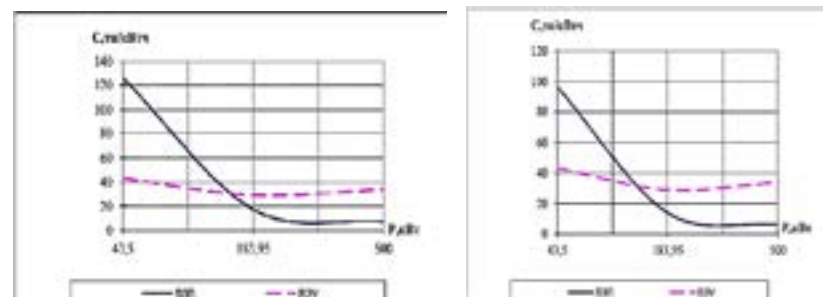
Развитие альтернативных способов получения энергии тормозят производители и добытчики традиционных источников энергии: у них сильные позиции во власти и есть возможность отстаивать свои интересы. Альтернативная энергия до сих пор довольно дорога по сравнению с традиционной, потому что практически у всех предприятий-производителей установки выходят опытными партиями в очень небольших количествах и соответственно являются очень дорогими. Организация серийного производства и проведение сертификации установок требуют значительных инвестиций, которые полностью отсутствуют. Удешевлению стоимости могла бы способствовать господдержка. Однако же это противоречит интересам тех, чей бизнес основан на добыче традиционного углеводородного топлива. Лишняя конкуренция никому не нужна.

Цифры, которых должна достичь наша альтернативная энергетика, очень низки, задачи минимальны, поэтому перелома в казахстанской энергетике ждать не приходится. За счет альтернативной энергетики к 2020 году планируется экономить меньше 1 % всех топливных ресурсов. Приоритетом своей энергетической стратегии Казахстан пока выбирает традиционную энергетику. Но в последнее время были предприняты некоторые шаги в сторону развития альтернативной возобновляемой энергетики.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

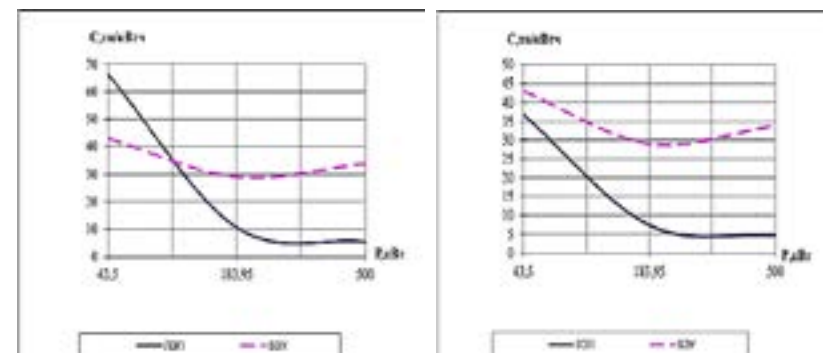
На основе полученной методики определения себестоимости электроэнергии для питания удаленных потребителей в статье приведены результаты сравнительного анализа влияния удаленности и мощности на себестоимость энергии.

На рисунке 1 приведена зависимость себестоимости электроэнергии от мощности при различной удаленности. Из полученных графиков видно, что электроснабжение потребителей мощностью менее 170 кВт эффективнее использовать. Для населенных пунктов удаленных более 20 км актуально, только автономное электроснабжение. Основная доля, не электрифицированных, населенных пунктов попадают в категорию удаленности от централизованных электросетей на расстояние свыше 20 км.



а) Зависимость себестоимости электроэнергии от мощности при удаленности 20 км

б) Зависимость себестоимости электроэнергии от мощности при удаленности 15 км



в) Зависимость себестоимости электроэнергии от мощности при удаленности 10 км

в) Зависимость себестоимости электроэнергии от мощности при удаленности 5 км

Рисунок 1 – Зависимость себестоимости электроэнергии от мощности при различной удаленности

Для разработки и выбора системы электроснабжения требуется анализ возобновляемых источников с учетом особенностей графиков нагрузки и климатических условий [1, с. 28]. И проводить постоянное исследование направленные на повышение производительности энергетических установок, что поможет снизить себестоимость энергии.

Промышленно развитые страны и Казахстан сталкиваются с проблемой роста спроса на электроэнергию и окончанию срока эксплуатации крупных электростанций.

Международное энергетическое агентство (МЭА) прогнозирует, что в отсутствие активных мер в области энергосбережения мировая потребность в энергии к 2030 г. вырастет на 60 %, потребует инвестиций в генерирующие мощности в размере 625 млрд. евро. Около половины этих средств потребуется для замещения выбывающих электростанций. В то же время поставки ископаемого топлива сокращаются. Некоторые крупнейшие мировые экономические системы вынуждены все больше полагаться на импорт топлива из регионов, где конфликты и политическая нестабильность ставят под угрозу безопасность поставок энергоресурсов. В этой связи заслуживает внимания потенциал энергосбережения, который можно реализовать в масштабах планеты.

Согласно исследованию журналом «Ветроэнергетический ежемесячник» (Wind power Monthly, Jan. 2016), показывает, что, при средней скорости ветра более 7 м/с и стоимости строительства около 1000 евро/кВт установленной мощности, энергия ветра оказывается дешевле, чем энергия газа, угля и атома. Конкурентоспособность ветровой энергетики увеличилась благодаря недавнему повышению цен на углеводородное топливо, особенно на газ. В США это сделало ветровую энергетику привлекательной для многих энергокомпаний.

По сравнению с ископаемыми ресурсами с неустойчивыми ценами ветер – мощный естественный источник энергии, который постоянно доступен практически в любой стране мира и не зависит от колебаний цен на топливо, не подвержен изменениям мировой конъюнктуры.

Во многих регионах мира ветровая энергетика уже достигла уровня, который позволяет ей стать основным источником энергии. Невиданный темп развития отрасли отмечается в мировом масштабе. Ни одному из традиционных секторов энергетики в свое время не приходилось «брать такие вершины» в столь короткие сроки. С 1995 г. установленная мощность ветровых электростанций в мире увеличилась более чем в 12 раз: с 4800 МВт до 59 000 МВт (на конец 2015 г.). С 2000 г. среднегодовой рост установленной мощности составлял 28 % [2, с. 23].

В европейских странах в объединенную энергосистему интегрировано более 40 ГВт мощностей, то есть технически и экономически это осуществимо. Уже в 2014 году в Дании 21 % потребляемой электроэнергии обеспечивалось за счет ветровой энергетики, а в западной части страны ветровая энергетика может покрыть спрос на все 100 %. В Испанской провинции Наварра доля ветроэнергетики в производстве электроэнергии составляет 60 %. Большинство современных ветроустановок отвечает самым жестким требованиям безопасности энергоснабжения, включая способность справляться со скачкообразными сбоями в сети. Выводы

зарубежных специалистов – сетевиков подтверждают, что проблемы в сетях и диспетчеризации энергосистем из-за нестабильности работы ветроустановок начинаются после достижения ими доли в 20–25 % от общей установленной мощности системы.

По данным испанских компаний «Gamesa Eolica» и «WinWind» точность прогнозов выдачи энергии ветростанций при почасовом планировании на рынке «на день вперед» или спотовом режиме превышает сегодня 95 %. Специалисты подтвердят, что это очень высокий уровень для любого типа генерации. Зарубежная практика подтверждает, что правильное планирование развития сетей с учетом перспективы размещения станций на основе возобновляемых источников приводит к повышению надежности и качества работы сетей за счет децентрализации производства энергии и увеличения числа точек такой генерации.

Ряд новейших исследований показывает, что обеспечение существенного вклада в производство электроэнергии за счет ветровой энергетики технически и экономически осуществимо, причем в том же объеме, что и вклад традиционных технологий в прошлом столетии [3, с. 67].

При ценовом сопоставлении ветровой энергетики и других генерирующих технологий используют тарифы, не отражающие социальных и экологических издержек, вызываемых последствиями сжигания ископаемого топлива или использования ядерной энергии [4, с. 76]. Такие издержки, как загрязнение воздуха и радиационное воздействие, не включаются в стоимость электроэнергии.

Общеввропейское исследование, известное как проект «Extern E», проводившееся в 15 государствах – членах ЕС, определило величину таких издержек для ряда энергоносителей. Результаты проекта, опубликованные в 2017 году, показали, что ветровая энергетика имеет наименьшие скрытые издержки, составляющие 0,15–0,25 евро центов/кВт·час. Для сравнения, в угольной энергетике эти издержки составляют 2–15 евро центов/кВт·час. Аналогичные исследования для Казахстана показали, что эти издержки составляют 7 тенге/кВт·час.

В исследовании сделан вывод: если бы негативное воздействие на окружающую среду и здоровье учитывалось в стоимости, то цены на электроэнергию, производимую угольными станциями и ТЭС на мазуте, увеличились бы вдвое, а цена на электроэнергию газовых станций возросла бы на 30 %.

На основе приведенных результатов исследований к преимуществам ветровой энергетики можно отнести:

– низкую себестоимость – ветроэнергетика может конкурировать с ядерной, угольной и газовой энергетикой;

– нулевую стоимость топливной составляющей, источник энергии неисчерпаем и присутствует в неограниченных количествах, не требует транспортировки;

– экологически приемлемая энергетика – производство энергии не сопровождается выбросами двуокиси углерода;

– ветроэнергетика не имеет рисков, связанных с нестабильностью цен на ископаемое топливо;

– надежность поставок – ветроэнергетика позволяет избежать зависимости от импорта энергоресурсов;

– модульный дизайн, быстрый монтаж;

– электроснабжение по объемам сравнимое с традиционными способами генерации;

– ветроэнергетика не мешает ведению сельского хозяйства и промышленной деятельности вблизи ветростанций.

Ветровая энергетика является наиболее перспективным и альтернативным источником энергии для Казахстана с его географическими, климатическими и энергетическими особенностями.

ВЫВОДЫ

1 У энергетиков существуют следующие проблемы: высокий процент изношенности оборудования, существует энергодефицитная южная зона, что связано с большой протяженностью линий и концентрацией электрических станций на севере республики, наличие удаленных населенных пунктов без электроснабжения, высокая концентрация вредных веществ в выбросах электрических станций.

2 Электроснабжение удаленных населенных пунктов при малой мощности целесообразно использовать только автономное электроснабжение с применением возобновляемых источников энергии.

3 Ветроэнергетика является одним из перспективных экологически чистых источников энергии.

4 Представленные результаты целесообразно в последующем использовать для оценки ветроэнергетического потенциала конкретного района и выбора места расположения ветропарка, а также при принятии конкретных управленческих решений в ходе реализации коммерческих ветроэнергетических проектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Падруль, Н. М.** Повышение эффективности преобразования энергии ветра. // Материалы международной

научно-технической конференции «VI чтения Ш. Шокина», 10 октября 2014 г. – С. 204–210. – ISBN 978-601-238-128-3.

2 **Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Кислов, А. П., Шапкенов, Б. К., Шахман, Е. Т., Жетписов, О. К.** К выбору эффективных режимов работы Электромеханических систем по критериям энергетической эффективности или позиционирования. Сборник. – Караганда, 2015.

3 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П.** Новые ветроколеса с улучшенными энергетическими показателями. Перспективы строительства ветроэлектростанций на территории Казахстана. // Вестник ПГУ, Энергетическая серия. – 2015. № 2. – С. 46–53. – ISBN 1811–1858.

4 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П.** Перспективы строительства ветроэлектростанций на территории Казахстана. Вестник ПГУ // Энергетическая серия. – 2015. – № 2. – С. 53–61. – ISBN 1811-1858.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

А. Ш. Алимгазин¹, А. Б. Кайдар², М. Б. Кайдар³, А. П. Кислов⁴, В. П. Марковский⁵, Б. К. Шапкенов⁶

Автономды тұтынушылар үшін балама көздердің артықшылықтары

¹Энергия үнемдеу және энергиялық тиімді технологиялар ҒЗИ,

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²«Тараз химиялық паркі АЭА» БК» АҚ,

Шу қ., 081000, Қазақстан Республикасы;

³«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{4,5,6}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

А. Sh. Alimgazin¹, A. B. Kaidar², M. B. Kaidar³, A. P. Kislov⁴, V. P. Markovsky⁵, B. K. Shapkenov⁶

Advantages of alternative sources for autonomous consumers

¹«EnergySaving and Energy Efficient Technology» SRI,

L. N. Gumilyov, Eurasian National University,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

²JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,

Shu, 081000, Republic of Kazakhstan;

³JSC «KazTransGas»,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;
^{4,5,6}S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Мақалада әлемдік энергия теңгеріміндегі дәстүрлі отын энергетикасының үлесі үздіксіз қысқарады, ал қалпына келтірілетін энергия көздерін пайдалануға негізделген дәстүрлі емес – баламалы энергетика ауысымына келеді. Оның экономикалық әл-ауқаты ғана емес, оның тәуелсіздігі, оның ұлттық қауіпсіздігі да бұл нақты елде қандай қарқынмен болатынына байланысты.

Жаңартылатын көздерді басым пайдалану және баламалы энергетиканы дамыту нәтижесінде, негізінен, бұл қалыптасқан энергетикалық проблемаларды негүрлым айқын шешу болып табылатын өңірлерде Қазақстанның жел энергиясының едәуір ресурстары бар, оның ішінде орталықтандырылған электрмен жабдықтау жоқ өңірлерде, бірақ тіпті осы аудандарда да энергетикалық проблемаларды осылайша шешуге тырыспайды.

Коммерциялық Жел энергетикалық жобаларды іске асыру барысында нақты басқару шешімдерін қабылдау кезінде тұтынушыдан әртүрлі қашықтықтарға көз алыстаған кезде электр энергиясының өзіндік құнының қуатқа келтірілген тәуелділігін пайдаланған жөн.

The article notes that the share of traditional fuel energy in the global energy mix will continually shrink and will be replaced by unconventional, alternative energy, renewable energy sources. And with what pace it will happen in a particular country depends not only on its economic wealth, but also its independence, its national security.

As a result of preferential use of renewable and alternative energy development are given preference mainly in the regions where it is the most obvious solution to the current energy issues Kazakhstan has significant resources of wind energy, including in those regions where there is no Central electricity supply, but even in these areas the energy problem thus to solve almost not trying.

Shows the dependence of the cost of electricity from power when the distance of the source from the consumer at various distances appropriate to use when making specific management decisions during the implementation of commercial wind energy projects.

ГРНТИ 621.577

**А. Ш. Алимгазин¹, А. П. Кислов², А. Н. Бергузинов³,
К. С. Омаров⁴, С. Е. Бахтиярова⁵, А. О. Бахтыбаев⁶**

¹д.т.н., профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³доктор PhD, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴магистр наук и технологий, технический директор, ТОО «БМТУ», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁵магистрант, кафедра «Теплоэнергетика», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁶магистрант, кафедра «Теплоэнергетика», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ И АГРАРНОМ СЕКТОРЕ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье исследована возможность применения «зеленых» технологий с использованием альтернативных источников энергии для повышения эффективности энергообеспечения объектов в промышленности, социальной сфере и аграрном секторе Павлодарской области. Предложена к внедрению конкретная технология и схемы применения ТНУ с использованием в качестве источника теплоты энергии геотермальных скважин.

Ключевые слова: теплонасосные технологии, энергосбережение, низкопотенциальная теплота.

Учеными НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии» (далее – «ЭиЭТ») ЕНУ им. Л. Н. Гумилева совместно со специалистами ТОО «Научно-технический центр КазЭкоТерм», ТОО «БМТУ» в течение 2010–2018 гг. разработаны научно-практические основы применения «зеленых» технологий на базе тепловых насосов с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (далее – НВИЭ) для энергообеспечения различных объектов в промышленности, бюджетной сфере, аграрном секторе, малом и среднем бизнесе [1–18].

Разработана уникальная технология, запатентованная как в России, так и в Республике Казахстан и готовая к внедрению [11–13].

В 2016–2017 годах предлагаемая «зеленая» технология, пройдя многоступенчатый отбор в Министерстве энергетики, Министерстве образования и науки Республики Казахстан, в числе 25 лучших научных проектов ученых страны представлена в Национальном павильоне «Нур Алем» Международной выставки EXPO-2017 [11–13].

Теплонасосные установки (далее – ТНУ) с использованием альтернативных источников энергии в модульной комплектации представляют собой металлические утепленные контейнеры с установленным внутри теплонасосным оборудованием.



Учеными Университета и ТОО «БМТУ» разрабатывается *Программа внедрения «зеленых» технологий в Республике Казахстан на 2018–2020 годы* с использованием альтернативных источников энергии для повышения эффективности:

- тепло- и хладоснабжения конкретных пилотных объектов в промышленности, аграрном секторе и социальной сфере в Павлодарской области и других регионах Республики Казахстан;
- снижение воздействия на окружающую среду на региональном уровне

Основные направления внедрения инновационных «зеленых» технологий в Павлодарской области с использованием альтернативных источников энергии

Промышленные предприятия региона (ТОО «KSP Steel», Аксуский завод ферросплавов – филиал АО «ТНК «Казхром», АО «Аксуская ГРЭС» и др.) – источник теплоты – низкопотенциальная сбросная вода систем технического водоснабжения (СТВ) предприятий.

Объекты бюджетной сферы (учреждения образования, здравоохранения, культуры, спорта, административные здания и т.д.) – источник теплоты – низкопотенциальная теплота грунтовых вод, геотермальных артезианских источников, теплота грунтов, вентиляционных выбросов и т.д.

Объекты малого и среднего бизнеса (далее – МСБ): (теплицы, фермерские хозяйства, гостиницы, кафе, коттеджи и др.)

Павлодарский филиал ТОО «KSP Steel»

В период с 2014 г. по настоящее время учеными и специалистами НИИ «ЭиЭТ» ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, ТОО «БМТУ», а также ПГУ им. С. Торайгырова проводятся НИР по определению возможностей применения теплонасосных технологий с использованием сбросной теплоты промышленных предприятий Павлодарской области.

Внедрение ТНУ на вышеуказанных объектах обеспечит возможности повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования станций, и даст государству значительную экономию бюджетных средств [1–18].

Цели данных исследований:

1 Повышение энергетической и экономической эффективности работы металлургического предприятия ТОО «KSP Steel» при утилизации низкопотенциального сбросного тепла системы оборотного водоснабжения (СОВ) предприятия.

2 Внедрение энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников теплоты для более глубокого охлаждения оборотной воды на ТОО «KSP Steel» и сокращения затрат предприятия на приобретение тепловой и электрической энергии от ТЭЦ.

В настоящее время существующая схема энергообеспечения производственной фирмы ПФ ТОО «KSP Steel» осуществляется за счет покупной тепловой и электрической энергии с ТЭЦ-3 г. Павлодара (пар, горячая вода), предприятие ежегодно затрачивает значительные средства на покупку тепловой (примерно 46 Гкал/час) и электрической энергии (порядка 3 млрд. тенге – данные март 2016 г.).

В то же время существующие вентиляторные градирни системы оборотного водоснабжения (СОВ) предприятия выбрасывают в атмосферу значительные объемы тепловой энергии (по нашим оценкам, порядка 280–600 Гкал/час), при этом существенны затраты предприятия на покупку электрической энергии для работы градирен.

При этом физическое тепло водооборотных систем, которое через градирни выводится в атмосферу, безвозвратно теряется, что также экономически нецелесообразно.

Получение с помощью ТНУ значительного количества собственной теплоты с температурой до 60–75⁰С также даст возможность экономии большого объема электроэнергии, покупаемой в настоящее время на ТЭЦ-3 г. Павлодара для обеспечения бесперебойной работы вентиляторного оборудования градирен.

Круглогодичное применение данной технологии планируется для получения альтернативной тепловой энергии для теплоснабжения объектов предприятия с использованием оборотной воды системы в качестве низкопотенциального источника для тепловых насосов.

Потенциал энергосбережения: Оборотная вода с расходом 28 000 м³/ч и температурой до 45⁰С.

Техническое решение: использование оборотной воды в качестве низкопотенциального источника для тепловых насосов. Монтаж и запуск теплонасосной технологии для выработки тепла и охлаждения оборотной воды с 45⁰С до 25⁰С.

Результат: экономия тепловой энергии, получаемой с ТЭЦ.

Согласно предварительной информации, существующая схема теплоснабжения предприятия осуществляется за счет *покупной тепловой энергии* с ТЭЦ-3 г. Павлодара (пар, горячая вода).

ПФ ТОО «KSP Steel» ежегодно затрачивает значительные средства на покупку тепловой (примерно 46 Гкал/час) и электрической энергии у ТЭЦ-3 г. Павлодара.

В то же время существующие вентиляторные градирни СОВ предприятия выбрасывают в атмосферу значительные объемы тепловой энергии (по нашим оценкам, порядка 280–600 Гкал/час), при этом существенны затраты предприятия на покупку электрической энергии для работы градирен.

Охлаждение оборотной воды в объеме 28 000 м³/час от температуры +45⁰С (зимой) и +35⁰С (летом) до температуры +25⁰С осуществляется от вентиляторных градирен, на что затрачивается в течение года *значительное количество покупной электроэнергии* от ТЭЦ.

При этом физическое тепло водооборотных систем, которое через градирни выводится в атмосферу, безвозвратно теряется, что также экономически нецелесообразно.

Ожидаемые результаты

Применение теплонасосных технологий на ПФ ТОО «KSP Steel» позволит вернуть в систему теплоснабжения предприятия значительные объемы безвозвратно теряемого тепла без дополнительного сжигания традиционных видов топлива, что позволит получить существенный экономический эффект, отказаться от покупок тепловой и электрической энергии извне, при этом уменьшая тепловое загрязнение окружающей среды.

Для реализации энергосберегающих мероприятий и повышения эффективности работы технологического оборудования ТОО «KSP Steel» предлагается следующий вариант использования низкопотенциального сбросного тепла промышленных вод:

– использование оборотной воды в качестве низкопотенциального источника для тепловых насосов с целью выработки необходимого количества тепла до 70⁰С для нужд теплоснабжения предприятия;

– одновременно работа тепловых насосов «захлаживает» оборотную воду (условно чистую воду) и тем самым снижает затраты на содержание вентиляторных градирен, а также гарантирует в летнее время более глубокое ее охлаждение.

При этом можно подчеркнуть, что выработанный теплонасосной системой холод в виде охлажденной воды может возвращаться в систему водооборота ПФ ТОО «KSP STEEL» при более низких температурах по сравнению с существующей схемой вывода избыточного тепла вентиляторными градирнями.

Получение с помощью ТН значительного количества собственной теплоты с температурой до 65–70⁰С также даст возможность экономии большого объема электро-энергии, покупаемой в настоящее время на ТЭЦ для обеспечения бесперебойной работы вентиляторного оборудования градирен.

Практическая реализация результатов НИР на ТОО«KSP Steel»

В период 2017–2020 годы г.г. в ЕНУ им. Л. Н. Гумилева и ТОО «БМТУ» реализуется грантовый проект АО «Фонд науки» «Проект коммерциализация пилотного образца новой блочно-модульной теплонасосной установки (далее – БМТУ) тепловой мощностью 400 кВт для утилизации низкотемпературных тепловых отходов технологических процессов».

В течение 1 этап (27.10. –31.12.2017 г.) реализации проекта разработана техническая документация, приобретено основное (тепловой насос GSHP-

400) и вспомогательное оборудование, проведены работы по подготовке места установки теплового насоса.

Состояние реализации грантового проекта на 2 этапе (январь – декабрь 2018 г.)

По решению Правления АО «Фонд науки» от 27.07.2018 года право Грантополучателя перешло от Университета к новой стартап-компании ТОО «БМТУ», между сторонами заключен лицензионный договор на право передачи ИС.

Тепловой насос GSHP-400 изготовлен в КНР, доставлен в марте 2018 г. в Республику Казахстан, проведено оформление необходимой документации, прохождение таможенного контроля, приемка и его размещение на склад временного хранения (далее – СВХ) г. Павлодара.

За отчетный период членами рабочей группы проекта проведены ряд встреч с руководством ТОО «KSP Steel» (ген. директор Креймер Э. Л., гл. инженер Суханов Н. В.), трубопрокатного производства по вопросам практической реализации проекта, согласования вопросов места установки и врезки БМТУ в действующие инженерные сети предприятия, в частности в систему оборотного водоснабжения (СОВ), откуда осуществляется подвод низкопотенциальной сбросной теплоты к БМТУ.

Произведена оплата таможенных платежей (Университет), брокерских услуг, услуг хранения и т.д. на СВХ ПФ ТОО «Акцепт Customs» г. Павлодара. Проектировщиками практически завершена разработка проекта применения БМТУ как типового элемента системы теплоснабжения трубопрокатного производства (ТПП) ТОО «KSP Steel», срок сдачи проекта – 1.12.2018 г. GSHP-400 согласно акта приемки-передачи (26.10.2018 г.) передан предприятию, в настоящее время находится на его складе, ведутся подготовительные работы к монтажу и подключению БМТУ к системе оборотного водоснабжения ТПП ТОО «KSP Steel» (декабрь 2018 г.).

Аналогичные работы в 2018 году проводятся и на **Аккусском заводе ферросплавов (АЗФ) – филиале АО «ТНК «Казхром»**.

Согласно Протокола от 23.07.2018 г., ряда встреч с руководством АЗФ, намечена Программа внедрения тепловых насосов (ТН) на предприятии, учеными НИИ «ЭиЭТ» и ТОО «БМТУ» проведены расчеты применения ТН как в плавильном цехе № 4 (тепловая мощность 1,27 Гкал/час), так и для нужд всего АЗФ (тепловая мощность 43 Гкал/час). Предлагаемая Программа в настоящее время рассматривается руководством АО «ТНК Казхром» с целью ее возможной практической реализации на АЗФ в ближайшие годы.

В настоящее время учеными НИИ «ЭиЭТ» Университета и ТОО «БМТУ» проводятся предварительные исследования и анализ схемы возможного использования сбросной теплоты системы технического водоснабжения

(далее – СТВ) **Аккусской ГРЭС** для создания прудового хозяйства, строительства теплиц и организации теплонасосного теплоснабжения для индивидуального и жилищного строительства на прилегающих участках совместно с акимом г. Аксу и инвесторами.

Объекты бюджетной сферы, малого и среднего бизнеса Павлодарской области

В течение весны-осени 2018 г. проведены запротоколированные встречи с акимом Павлодарской области Бакауовым Б. Ж., акимами г. Павлодара, г. Экибастуза, г. Аксу, по результатам которых управление энергетики и ЖКХ (УЭиЖКХ) областного акимата совместно с НИИ «ЭиЭТ» и ТОО «БМТУ» разрабатывается региональная Программа внедрения тепловых насосов, которая включает в себя следующие проекты:

- внедрение 2 ТНУ на объекте КГКП «Детский экотехноцентр Аксу»);
- Срок ввода – ноябрь 2018 г.

- разработка ТЭО по применению ТН в с. Константиновка Успенского района (геотермальные скважины) – декабрь 2018 г.



Рисунок 1

В октябре – ноябре 2018 г. в детском экотехноцентре «Аксу», инновационном проекте по реализации природоохранной и научно-технической деятельности в городе Аксу, учеными НИИ «ЭиЭТ» и ТОО «БМТУ» введены в эксплуатацию 2 тепловых насоса мощностью 15, 20 кВт (объекты – контактный зоопарк площадью 188 м², биотеплица – 155 м²) вместо ранее действовавших угольных котельных на этих объектах.



Рисунок 2

Перспективы использования геотермальной теплоты скважин в различных регионах Республики Казахстан

По данным гидрогеологических исследований в ряде регионов Павлодарской, Алматинской, Туркестанской и других областей РК имеется большое количество артезианских и геотермальных скважин с достаточным дебетом самоизливающейся воды и температурой от +20 °С до 35 °С.

Предложена к внедрению на объектах социальной сферы и аграрного сектора в пилотных сельских населенных пунктах Павлодарской области и других регио-нов РК конкретная технология и схемы применения ТНУ с использованием в качестве источника теплоты энергии геотермальных скважин с t от +25 °С до +35 °С.

Получена необходимая поддержка и интерес акимата Павлодарской области (УЖКХ), акима Павлодарской области Бакауова Б. Ж., акимата г. Павлодара, г. Экибастуза, г. Аксу, акимата Успенского района Павлодарской области и т.д.), субъектов малого и среднего бизнеса – ФХ «Ойнак» Успенского района и др., имеются соответствующие протокола Совещаний и Меморандумов о сотрудничестве, софинансировании проекта.

Перспективы использования теплоты геотермальных скважин в с.Константиновка

В с.Константиновка Успенского района имеется ряд фермерских хозяйств по переработке сельскохозяйственной продукции, объекты бюджетной сферы (школа, больница, детский сад, спортивный комплекс, 24-х кв. жилой дом), у которых на протяжении нескольких лет серьезные проблемы с отоплением и горячим водоснабжением. В то же время, по данным акимата Равнопольского сельского округа, куда относится с.Константиновка, на территории округа имеется 13 самоизливающихся артезианских скважин с большим дебетом воды и достаточно высокой температурой (до +35 °С).

В настоящее время нашими учеными и специалистами начата разработка проекта внедрения ТНУ с целью обеспечения теплом вышеуказанных объектов и, в перспективе, возможно обеспечение теплом и других объектов

поселка, в т.ч. жилых домов, с использованием альтернативных источников энергии. Предлагаемые решения для конкретного региона (Успенский район – граница Качирского района) Павлодарской области позволят в кратчайшие сроки вдохнуть жизнь в эти населенные пункты, т.к. в регионе имеются десятки геотермальных скважин с температурой самоизливающейся воды 25 °С – 35 °С и с дебетом воды от 15 м³/час до 75 м³/час.

На прошедшем 27 ноября 2018 г. по инициативе акима Павлодарской области Бакауова Б. Ж. Совещании по применению теплонасосных технологий в регионе работы ученых ЕНУ им. Л. Н. Гумилева и ТОО «БМТУ» получили полную поддержку, сейчас по поручению акима области определяются объекты бюджетной сферы (школы, больницы, детские сады и др.), а также объекты Баян-Аульской курортной зоны Павлодарской области для их финансирования на 2019–2020 годы.

Аналогичные исследования ученые НИИ «ЭиЭТ» начали проводить и в южных регионах страны – Туркестанской области, Шаульдерском районе Южно-Казахстанской области, где также имеются ряд геотермальных скважин, а проблемы с отоплением те же аналогичные.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

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

3 Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г., Кислов, А. П., Амренова, Д. Т. Разработка технологий утилизации низкопотенциального тепла оборотных циклов водоснабжения промышленных предприятий Республики Казахстан с использованием тепловых насосов нового поколения // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетическая». – 2015. – № 2. – С. 21–25.

4 Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Petin, Y. M. Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy at the heat power plants-2 (Astana city). // «IX Minsk International Seminar Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources». – Minsk, Belarus. – 07–10 September 2015. – P. 230–235.

5 **Alimgazin, A. Sh., Alimgazina, S. G., Zhalmagambetov, B. N.** Analysis of prospects of technology heat pump to produce extra heat energy for JSC «TPP-2» Astana // Proceedings of the 3 International Forum «Renewable energy : ways to increase the energy and economic efficiency» (REENFOR-2015). – Yalta, 17–19 November, 2015.

6 **Алимгазин, А. Ш., Омаров, К. С., Алимгазина, С. Г.** Применение технологии «зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» Международной специализированной выставки ЕХРО-2017 // В кн. : Материалы IV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения». – Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 17 марта 2016. – С. 28–35.

7 **Бижигитов, С. Е., Алимгазин, А. Ш.** Применение теплонасосных технологий при использовании низкопотенциального сбросного ТОО «ПНХЗ» для подогрева химводы на питание котлов предприятия // В кн. : Материалы IV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения». – Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 17 марта 2016. – С. 99–101.

8 **Алимгазин, А. Ш., Омаров, К. С., Постников, В. А., Тлеубаев, А. С.** Перспективы внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий с утилизацией сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения на ПФ ТОО «KSP STEEL» // В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка промышленных отходов, как залог экологической безопасности». – Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, октябрь 2016. – С. 27–33.

9 **Алимгазин, А. Ш., Бахтияров, А. Е., Бектурганов, С. О.** Применение теплонасосных технологий при использовании низкопотенциального тепла циркуляционной воды конденсаторов турбин АО «Станция ГРЭС-2» для теплоснабжения здания береговой насосной станции // В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка промышленных отходов, как залог экологической безопасности». – Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, октябрь 2016. – С. 39–46.

10 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г., Бахтияров, А. Е.** Анализ перспектив применения теплонасосных технологий на металлургических предприятиях Республики Казахстан. // В сбор. трудов «VIII Международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности. 100 лет отечественного проектирования металлургических печей». – М. : МИСиС, октябрь 2016. – С. 238–250.

11 Патент РК № 1843 на полезную модель «Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения» – авторы Алимгазин А. Ш., Петин Ю.М., Алимгазина С. Г., Бахтияров А. Е. // БИ № 16 от 30.11.2016 г., регистр. номер 2015/278.2 от 27 августа 2015 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК.

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

13 Патент РК №2048 на полезную модель «Теплонасосная установка для тепло- хладоснабжения» – авторы Алимгазин А. Ш., Омаров К. С., Алимгазина С. Г., Бахтияров А. Е. // БИ № 4 от 28.02.2017 г., Регистр. номер 2016/0304.2 от 1 июня 2016 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК.

14 **Алимгазин, А. Ш., Бергузинов, А. Н.** Применение технологии «Зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» международной выставки «ЕХРО-2017» // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетическая». – 2017. – № 1. – С. 21–28.

15 **Алимгазин, А. Ш., Бергузинов, А. Н., Расмухаметова, А. С.** Применение энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии для тепло- и хладоснабжения объектов Республики Казахстан. // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетическая». – 2017. – № 1. – С. 29–36.

16 **Алимгазин, А. Ш., Алимгазина, С. Г., Шарыпов, А. С., Бахтиярова, С. Е.** Коммерциализация блочно-модульной теплонасосной установки для утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий. // В сбор. материалов IV Международной конференции ICITE «Промышленные технологии и инжиниринг», г. Шымкент, 26–27 октябрь 2017. – С. 23–30.

17 **Алимгазин, А. Ш., Бахтиярова, С. Е.** Пути повышения энергетической и экономической эффективности работы технологического оборудования ТОО «KSP Steel» путем утилизации низкопотенциального сбросного тепла СОВ предприятия. // В кн.: Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения», г. Астана, ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 16 марта 2018 г. – С. 493–497.

18 **Алимгазин, А. Ш., Бахтиярова, С. Е.** Анализ экономической и энергетической эффективности применения БМТУ для ТОО «KSP Steel» для утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты систем технического

водоснабжения промышленных предприятий. // В кн. : Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения». – Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 16 марта 2018. – С. 498–503.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

A. Sh. Alimgazin¹, A. P. Kislov², A. N. Berguzinov³, K. S. Omarov⁴, S. E. Bakhtiyarova⁵, A. O. Bakhtybaev⁶

Павлодар облысының өнеркәсіп, әлеуметтік сала және аграрлық секторындағы объектілерді энергиямен қамтамасыз етудің тиімділігін арттыру үшін баламалы энергия көздерін пайдалана отырып «жасыл» технологияларды қолдану

^{1,5,6}Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{2,3}С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁴«БМТУ» ЖШС,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

A. Sh. Alimgazin¹, A. P. Kislov², A. N. Berguzinov³, K. S. Omarov⁴, S. E. Bakhtiyarova⁵, A. O. Bakhtybaev⁶

Application of «green» technologies with the use of alternative energy sources to improve the energy supply efficiency of objects in the industry, social area and agriculture in Pavlodar region

^{1,5,6}L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{2,3}S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁴LLP «BMTU»,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақалада өнеркәсіптің, әлеуметтік саланың және Павлодар облысының агроөнеркәсіп кешенінің энергиямен жабдықтау тиімділігін арттыру үшін баламалы энергия көздерін пайдалану арқылы «жасыл» технологияларды пайдалану мүмкіндіктері қарастырылған. Жылу көзі ретінде геотермалдық ұңғымаларды

пайдалану арқылы жылу сорғысы жүйелерін қолданудың нақты технологиясы мен схемалары ұсынылған.

The article explores the possibility of using «green» technologies using alternative energy sources to improve the efficiency of energy supply of facilities in industry, the social sphere and the agricultural sector of Pavlodar region. A specific technology and schemes for the use of heat pump systems have been proposed for implementation, using geothermal wells as a heat source.

Ш. Д. Амренов

магистрант, кафедра «Теплоэнергетики», Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: shiran12.05.93@mail.ru

ОСНОВЫ ЗОЛОУЛАВЛИВАНИЯ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Статья посвящена вопросу золоулавливания на тепловых электрических станциях. Показано, что при использовании мокрых пылеуловителей, широко используемых на современных ТЭЦ, наиболее актуальной является разработка технологии интенсификации мокрого золоулавливания, внедрение эффективных ресурсосберегающих режимов работы аппаратов газоочистки, снижение водопотребления скрубберов. Предложенные технические решения, обеспечат повышение эффективности золоулавливания с достижением концентрации золы в приземном слое атмосферы, не превышающей санитарных нормативов. Предложенные в статье решения позволяют при минимальном переносе существующего оборудования, незначительных затратах на дополнительные конструктивные элементы и сохранении существующей схемы удаления золы увеличить эффективность золоулавливания.

Ключевые слова: золоулавливание, дымовые газы, скрубберы Вентури, электрическая энергия, типы золоулавливания.

ВВЕДЕНИЕ

Электрическая энергия – важнейший, универсальный, самый эффективный технически и экономически вид энергии. Другое его преимущество – экологическая безопасность использования и передачи электроэнергии по линиям электропередач по сравнению с перевозкой топлив, перекачкой их по системам трубопроводов. Электричество способствует развитию природосберегающих технологий во всех отраслях производства. Однако выработка электроэнергии на многочисленных ТЭС, ГЭС, АЭС сопряжена со значительными отрицательными воздействиями на окружающую среду. Энергетические объекты по степени влияния принадлежат к числу наиболее интенсивно воздействующих на биосферу промышленных объектов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В зависимости от мощности ТЭС, зольности топлива, физико-химических свойств золы, санитарно-гигиенических условий в районе расположения электростанций выбирается тип золоуловителей. На выбор типа золоуловителей может повлиять и использование золы. К основным требованиям, предъявляемым к системам золоулавливания, относятся высокая эффективность и эксплуатационная надежность. Следует иметь в виду, что чем выше требуемая степень очистки газов и чем мельче подлежащие улавливаю частицы, тем большими оказываются капитальные затраты на сооружение установок для улавливания золы и расходы на их эксплуатацию [1, с. 46].

На ТЭЦ применяются три типа золоуловителей: аппараты сухой инерционной очистки газов (жалюзийные золоуловители, циклоны, прямоточные циклоны, батарейные циклоны); аппараты мокрой очистки газов; электрофильтры.

Каждый тип золоуловителя рассчитан на определенные условия работы. К ним относятся допустимая температура уходящих газов, возможность размещения на открытом воздухе и восприятия нагрузок от подводящих газоходов и площадок обслуживания, наличие необходимого количества воды для мокрых золоуловителей, система транспорта и использования золы. Золоуловители всегда устанавливаются перед дымососами по ходу дымовых газов для предохранения последних от абразивного износа.

Решение об установке золоуловителей внутри или вне зданий принимается в зависимости от климатических условий и типа аппаратов. Наиболее сложные по конструкционному оформлению газоочистные аппараты – электрофильтры. Они устанавливаются вне зданий, для защиты изоляционных коробок от осадков и облегчения условий их обслуживания верх электрофильтра закрывается шатром или специальной кровлей. Подбункерное пространство электрофильтров также укрывается легкими материалами [1, с. 58].

Степень улавливания золы в золоуловителях колеблется в зависимости от свойств золы и условий эксплуатации в широких пределах. Так, степень улавливания электрофильтров составляет 96 – 99 %; мокрых золоуловителей 92–96 %; Батарейных циклонов 82–90 %.

Газоочистительные установки, как правило, не дают прибыли. Возможность использовать условный продукт обычно лишь частично окупает их сооружение. Поэтому технико-экономическая оценка газоочистных сооружений строится в основном на базе сравнительных данных. Сравнение аналога с оцениваемым вариантом производится по капитальным вложениям, численности обслуживающего персонала, производительности труда, эксплуатационным затратам, уровню приведенных затрат.

Одним из главных мероприятий по борьбе с вредными выбросами на производстве и в энергетике является глубокая очистка дымовых газов от золы и других вредных примесей. Во время работы котельных агрегатов должно быть обеспечено бесперебойное золоулавливание. С неработающими золоуловителями эксплуатация котлов запрещена. Существует две основные системы золоулавливания:

- Сухое золоулавливание;
- Мокрое золоулавливание.

К золоуловителям сухого типа относятся:

- Пылесадительные камеры;
- Фильтры;
- Пылеуловители инерционного действия (циклоны).

В пылесадительных камерах используется механизм гравитационного осаждения золы. Из-за своей громоздкости и длительности процесса, камеры неэффективны и в настоящее время не находят широкого применения. Золоулавливание может осуществляться с помощью тканевых рукавных фильтров и электрических фильтров. Электрофильтры устанавливаются на электростанциях средней и большой мощности. Принцип их работы основан на свойствах притяжения заряженных частиц к полюсу обратного знака. Электрофильтры дают высокую степень очистки и применяются для особо тщательной очистки газов от золы в сочетании с батарейными циклонами. Степень очистки в таком случае составляет 98–99%. Однако скорость процессов очистки относительно низкая, размеры электрофильтров громоздки, кроме того, они требуют обслуживания высококвалифицированным персоналом [2, с. 78].

Самыми распространенными золоуловителями являются циклоны. Они составляют 90% от всех используемых золоуловительных установок. Циклон представляет собой цилиндр с конусом внизу. Циклоны бывают двух типов: цилиндрические и конические.

К цилиндрическим относятся аппараты ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У и ЦН-24. У них удлинена цилиндрическая часть корпуса. В верхней части цилиндра размещен патрубок для входа очищаемого газа, не под прямым углом, а тангенциально. Циклоны типа ЦН-15У, где «У» означает укороченный, устанавливаются там, где есть ограничения по высоте. Выходной патрубок для очищенного воздуха находится в центре по вертикальной оси. Внизу под корпусом располагается золоприемная камера. Подаваемый в цилиндр со скоростью 20 м/сек запыленный воздух расслаивается под действием центробежной силы. Твердые частицы, имеющие большую массу, отбрасываются к стенке и спускаются по ней в золоприемник. Очищенный воздух под действием пониженного давления поднимается вверх и через выхлопное отверстие уходит в дымовую трубу [3, с. 59].

Конические циклоны СДК-ЦН-33 и СК-ЦН-34 имеют удлиненную коническую часть, спиральный входной патрубок и малое отношение диаметра выхлопной трубы к диаметру цилиндра (0,33 и 0,34). Они также имеют большие габариты.

Продуктивность работы циклонов зависит от размеров цилиндра и входного патрубка, так как путь золы до стенок при меньшем диаметре значительно короче. Поэтому сухие инерционные золоуловители выполняют в виде блоков или батарей, что делает золоулавливание более эффективным.

Блок циклонов представляет собой параллельное соединение небольших по диаметру циклонов, имеющих общий вход и выход газов.

Батарейные циклоны (БЦ) отличаются от группы циклонов тем, что имеют общий кожух и общие системы ввода-вывода газов и выхода золы. Недостатком батарейных циклонов является их высокое сопротивление, что приводит к повышенному потреблению электроэнергии [3, с. 63].

Мокрые золоуловители являются высокоэффективными аппаратами. Их действие основано на захвате частиц золы жидкостью и удалении ее из аппаратов в виде шлама. Механические инерционные мокрые золоуловители представлены скрубберами.

Скруббер – это цилиндр большого диаметра и большой высоты. Через нижнюю часть цилиндра вводятся тангенциально по патрубку загрязненные газы. В верхней части размещена оросительная система, образующая на стенках цилиндра пленку стекающей воды. Созданная тангенциальным вводом центробежная сила отбрасывает частички золы и примесей к стенкам цилиндра, где они смачиваются и увлекаются потоком воды в воронку скруббера, откуда удаляются в виде шлама.

На котельные агрегаты малой и средней производительности устанавливаются скрубберы простого типа диаметром 0,5–1,6 м и высотой от 4 до 10 м. Можно установить 2, 3 и более скрубберов в групповом исполнении с параллельным подключением.

В мощных котельных установках используют так называемые мокропрутковые скрубберы. В них газы проходят двойную очистку за счет установки на входной патрубок решетки из горизонтально расположенных металлических прутьев, омываемых водой. Большая часть золы газов, поступающих по патрубку, осажается на прутьях решетки, и газ проходит первый этап очистки. Более мелкие частицы улавливаются на втором этапе внутри цилиндра. Мокропрутковые скрубберы могут быть диаметром 2,3–3,3 м и высотой 8–11 м.

Мокрое золоулавливание также выполняется с помощью таких устройств, как пенные аппараты, где зола удаляется с помощью пены, и пленочные аппараты с колонками [4, с. 91].

Изобретение относится к способам мокрого золоулавливания с трубой Вентури, предназначенным для улавливания летучей золы из дымовых газов котлов, сжигающих твердое топливо, а также может быть применено для улавливания цементной пыли в производстве цемента и пылеулавливания в металлургической, химической и других отраслях промышленности, где применяются золо-пылеуловители с трубой Вентури.

Цель изобретения – повышение степени улавливания летучей золы из дымовых газов котлов с трубами Вентури, сжигающих твердое топливо, а также снижение удельных расходов воды и пара для повышения КПД котлов путем орошения трубы Вентури, с проходящими в ней дымовыми газами, форсункой акустической, дающей более тонкое и равномерное распыливание воды при пониженном расходе как воды, так и распылителя (пара), где акустическое поле характеризуется строго определенной частотой, интенсивностью и переменным звуковым давлением, а пар находится в узком интервале температур [4, с. 101].

Дымовые газы, проходящие в трубе Вентури, орошают акустической форсункой, работающей на паре с температурой пара 250–350 °С и создающей в объеме трубы акустическое поле, которое характеризуется частотой 20–22, 36–38 или 44–48 кГц, переменным звуковым давлением не ниже 140 дБ и интенсивностью акустического поля не ниже 0,5 Вт/см².

Предлагаемый способ в отличие от применяемых в настоящее время позволяет воздействовать на дымовые газы, проходящие в трубе Вентури, одновременно несколькими методами осаждения золы: акустическим (коагуляция под действием колебаний определенной частоты, интенсивности и переменного звукового давления); увлажнением частиц золы в пароводяной атмосфере очень тонко распыленной воды с полным спектром размеров капель под все размеры частиц золы. Это значительно повышает степень улавливания летучей золы из дымовых газов котлов при одновременном снижении удельных расходов воды и пара и повышении КПД котлов.

Способ мокрого золоулавливания с трубой Вентури может быть реализован на любом котлоагрегате, сжигающем твердое топливо, а также на других объектах, использующих мокрые золоуловители с трубой Вентури для улавливания пыли, цемента и других твердых материалов [5, с. 22].

Таким образом, сочетание нескольких механизмов улавливания летучей золы существенно повысило эффективность мокрых золоуловителей с трубами Вентури, что показано в таблице.

Использование предлагаемого способа наиболее эффективно для улавливания самых тонких фракций летучих материалов.

Главное – степень улавливания летучей золы повышена до 99,6 %. Расход воды для орошения трубы Вентури снижен 1,66 раза за счет более

тонкого полидисперсного распыливания воды и применения акустического поля определенной частоты и мощности.

На всех станциях АО «ПАВЛОДАРЭНЕРГО» проведена реконструкция золоулавливающих установок с установкой батарейных эмульгаторов второго поколения. Выполненные мероприятия позволили снизить объемы выбросов в атмосферу, повысить степень очистки и, как следствие, дали возможность снизить затраты. Эффективность очистки, по отчетным данным за 2009 год составила в среднем 97,6 %. После монтажа на всех котлоагрегатах батарейных эмульгаторов средняя годовая степень золоулавливания (2014–2016 гг.) составляет 99,51 %.

В целях обеспечения непрерывности технологического цикла станции и складирования золошлаковых отходов закончено строительство новых золоотвалов на Павлодарской ТЭЦ-2, ТЭЦ-3. Реализация проектов позволит в перспективе выполнить наращивание золоотвалов, что увеличит аккумулирующую емкость золоотвалов и их дальнейшее использование для складирования золошлаковых отходов. По окончании эксплуатации золоотвалов предусмотрена их рекультивация. Комплекс работ по рекультивации почв подразделяется на два этапа: техническую и биологическую рекультивацию. Первый этап предусматривает покрытие восстанавливаемого участка минеральным грунтом мощностью 20 см и далее нанесение растительного грунта мощностью до 15 см. Второй этап – посев многолетних трав. Травяной покров способствует интеграции отвала с окружающим ландшафтом, препятствует развитию эрозии и вносит вклад в образование гумуса в верхнем слое почвы.

ВЫВОДЫ

Сжигание топлива на ТЭЦ связано с образованием продуктов сгорания, содержащих летучую золу, частицы недогоревшего пылевидного топлива, оксид азота, газообразные продукты неполного сгорания. В золе некоторых видов топлив также имеются вредные соединения. В связи с этим, при эксплуатации энергоблоков большое значение уделяется вопросам очистки дымовых газов от вредных продуктов сгорания и золоулавливания.

Проектирование и сооружение электростанций ведутся с соблюдением требованием по предельно допустимым концентрациям основных вредных выбросов, загрязняющих атмосферу отходящими газами на уровне дыхания человека. Это обеспечивается установкой эффективных золоуловителей и сооружением дымовых труб, позволяющих рассеивать дымовые газы на большие расстояния, снижая тем самым локальные концентрации вредных веществ.

Золоуловители имеют коэффициент золоулавливания не менее 99 % для конденсационных электрических станций мощностью до 240 МВт и

выше и тепловых электрических станций мощностью 500 МВт и выше при приведенной зольности топлива не более 4 %, при большой зольности коэффициент золоулавливания должен быть не менее 99,5 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Современные природоохранные технологии в электроэнергетике : Информационный сборник / В. В. Абрамов и др.; под общей ред. В. Я. Путилова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 388 с.

2 **Меняев, К. В., Паутова, Е. Е.** Псевдоожигение как решение экологических проблем в энергетике // Проблемы техносферной безопасности -2015: 1 международная заочная научно-практическая конференция : сборник статей. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. – С. 78–81.

3 **Беспалов, В. И., Беспалова, С. У., Вагнер, М. А.** Природоохранные технологии на ТЭС : учебное пособие. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 240 с.

4 **Губин, В. В.** Малоотходные и ресурсосберегающие технологии в энергетике / В. В. Губин., С.А Косяков – Томск : Изд-во НТЛ, 2002. – 252 с.

5 **Бойко, Е. А.** Золоулавливающие установки тепловых электростанций / Е. А. Бойко – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2005. – 212 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Ш. Д. Амренов

Жылу электр станцияларындағы күл ұстау негіздері

Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

Sh. D. Amrenov

Foundations of ash collection on thermal power plants

Faculty of Energy Engineering,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақала жылу электр станцияның күлтүту мәселесіне бағытталған. Қазіргі таңда жаңа жылу электр станцияларында (ЖЭЦ) дымқыл шаң жинағыштардың кең қолданысқа ие болуы,

дымқыл күлтүту интенсификация технологиясын құрастыру, газтазалағыш аппараттардың тиімді ресурстарды үнемдеу жұмыс режимін еңгізу, скрубберлердің қажет ететін су мөлшерінің азайтуын өзекті мәселе ретінде көрсетеді. Ұсынылған техникалық шешімдер санитарлық нормативтерден аспайтын күлтүтудың атмосфераның бет қабатында концентрацияға қол жеткізуін, тиімді өсуін қамтамасыз етеді. Мақалада ұсынылған шешімдер қолданыстағы жабдықтардың орын ауыстыруын азайту, қосымша конструктивті элементтер шығындары мен күл жою схемасын сақтау арқылы күлтүту тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

The article is devoted to the issue of ash collection at thermal power plants. It is shown that when using wet dust collectors, which are widely used at modern CHP plants, the most relevant is the development of technology for intensifying wet ash collection, the introduction of efficient resource-saving modes of operation of gas cleaning devices, reducing water consumption of scrubbers. The proposed technical solutions will increase the efficiency of ash collection with an achievement of ash concentration in the surface layer of the atmosphere, not exceeding sanitary standards. The solutions proposed in the article make it possible to increase the efficiency of ash collection, with minimal transfer of existing equipment, insignificant costs for additional structural elements and preservation of the existing ash removal scheme.

Д. С. Ахметбаев¹, А. Е. Нуралин²

¹д.т.н., профессор, Электроэнергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²магистрант, Электроэнергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфулина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ¹axmetbaev46@mail.ru; ²zastana03@mail.ru

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВОЙ ДИАГНОСТИКИ УСТРОЙСТВ РПН СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Анализ эксплуатационной надежности электроустановок показал, что основной причиной отказов является износ оборудования, доля которого в общем количестве отказов непрерывно растет. Снижение надежности электроустановок связано с процессами старения, условиями и режимами работы. Оценка точности и достоверности определения показателей надежности электроустановок показала необходимость их уточнения на основе данных статистики о повреждаемости электроустановок. Анализ существующих и развивающихся методов и средств диагностики показал, что их современный уровень и перспективы развития открывают реальные возможности повышения эффективности эксплуатационной надежности оборудования. Одним из перспективных направлений развития неразрушающего контроля является цифровая диагностика РПН силовых трансформаторов (без их разборки) мощностью 40 МВА с применением специальных измерительных приборов типа ПКР-2 и ПКР-2М.

Ключевые слова: цифровая диагностика, регулятор напряжения РПН, диаграммы коммутационных процедур, режим проверки без разборки, избыточные затраты.

ВВЕДЕНИЕ

Устройства РПН являются частью конструкции трансформатора, и причинами неисправности трансформаторов во многих случаях являются отказы устройств РПН. Схема соединения обмоток силового трансформатора показана на рис.1.

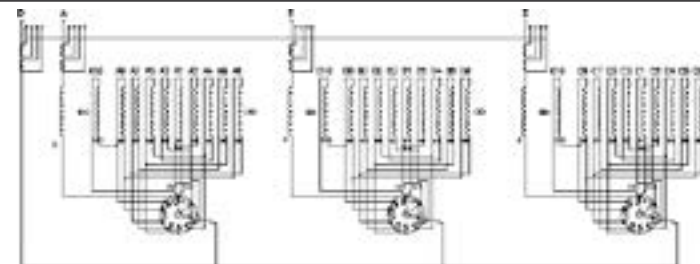


Рисунок 1 – Схема соединения обмоток ТРДН 40000/110

Контроль работоспособности встроенных в трансформаторы регуляторов напряжения имеет большое значение, так как в случаях неисправности регуляторов возможны аварийные отказы трансформатора, их повреждения, вызывающие дорогостоящий ремонт, а также проявления нестабильности напряжения с неожиданным завышением или занижением [2]. В настоящее время в РФ выпускаются специальные приборы для диагностики регуляторов напряжения РПН, встроенных в силовые трансформаторы. Рассмотрим вариант применения данного специального прибора, который предназначен для диагностики неисправностей устройств регулирования всех типов, в режиме так называемой безразборной проверки РПН, которая позволяет проводить диагностику устройств регулятора напряжения без снятия крышки бака контакторов [2]. Реализация процедуры диагностики регуляторов РПН без разборки, позволяет определять работоспособность и текущее техническое состояние РПН без выполнения трудоемких работ по вскрытию бака трансформатора или демонтажу всего устройства РПН. Данная проверка позволяет получать диаграммы коммутационных процедур контактора для многих типов переключающих устройств (кроме реакторного типа), и на основании полученных диаграмм проводить анализ текущего состояния регуляторов, а также прогнозировать их остаточный ресурс до ремонта [3]. Такая диагностика позволяет определять характер дефекта, и сделать обоснованный вывод о необходимости и объеме ремонта диагностируемых устройств. В таком виде может быть реализован принцип обслуживания трансформаторов в зависимости от фактического состояния данного вида оборудования [12].

1 Проверка РПН без разборки трансформатора

Использование режима проверки без разборки, основанного на методе компьютерной обработки цифровой диагностической информации DRM, не требует выполнения следующих трудоемких действий и избыточных затрат [3]:

– вскрытия бака или люка трансформатора, где размещается устройство РПН, и производства процедур слива и последующего залива масла;
 – дополнительных затрат финансовых средств и труда на проведение диагностики устройств РПН;
 – подключения дополнительных элементов или знание сопротивлений ограничительных резисторов проверяемого устройства, т.к. адаптация к конкретному устройству РПН выполняется в приборе автоматически.
 С применением специализированного прибора типа ПКР-2М можно реализовать на практике разборную и безразборную диагностику регуляторов напряжения трансформатора подстанции с получением осциллограмм, виды которых показаны на рисунках 2, 3 и 4:



Рисунок 2 – Осциллограммы режимов коммутации
 Виды круговых диаграмм показаны на рисунке 3:



А Б В
 Рисунок 3 – Вид диагностических диаграмм РПН

- А – Типовая круговая диаграмма (эталон)
- Б – Круговая диаграмма реакторного устройства
- В – Круговая диаграмма резисторного устройства

Для получения диагностических изображений круговых диаграмм коммутационных процессов регулятора, данный прибор комплектуется специальным датчиком текущего положения контактора [9]. Его сопряжение с валами различных приводов производится с использованием специального

переходного набора осей и втулок, при этом их монтаж осуществляется без использования монтажного инструмента, с установкой на свободное оконцевание вала [10]. Характеристики процессов коммутации снимаются одновременно по трем фазам при круговом вращении вала привода РПН. Диагностическая осциллограмма процесса коммутации контактора РПН с резисторами позволяет выявить задержки в коммутации контактов, их неодновременное включение и отключение по фазам, дребезг (многократное касание) контактов при их коммутации [9]. Все переключающиеся устройства регуляторов напряжения являются встроенной частью силовых трансформаторов, в связи с этим они не должны создавать аварийных ситуаций и обеспечивать нормативную и безаварийную работу трансформаторов подстанций [6].

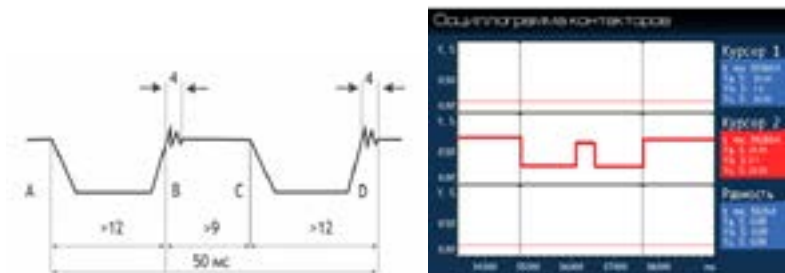


Рисунок 4 – Осциллограммы процессов коммутации контактов резисторных устройств коммутации регуляторов напряжения

- А – Типовая осциллограмма (эталон)
- Б – Пример осциллограммы контактора резисторных устройств РПН

Рассмотрим круговую диаграмму исправного реакторного устройства РПН типа РНТ-20, а также нормативные требования, нарушения которых вызывает неисправности, которые необходимо устранять посредством регулирования синхронности (рисунок 5) [5].

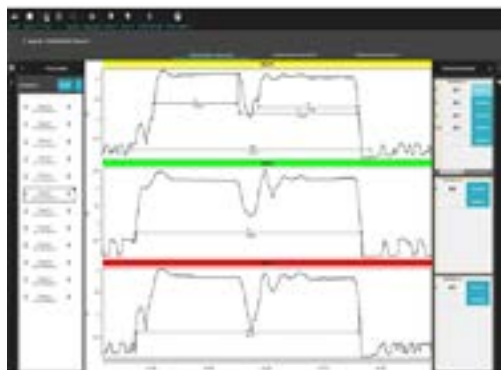


Рисунок 5 – Анализ результатов диагностики с использованием специального ПО DRM

В целях получения круговых диаграмм до настоящего времени применяют на практике устаревшие методы, оборудование и приспособления. Все эти методы требуют больших затрат времени на подготовительные операции и они не позволяют провести детализированную диагностику РПН [8]. Поэтому наиболее рациональным является использование современного прибора, специально предназначенного для диагностики РПН трансформаторов типа ПКР-2 или новой разработки аналогичного типа ПКР-2М производства СКБ ЭП, который предназначен для проверки технического состояния устройств регулирования под напряжением практически всех типов, применяемых в РК

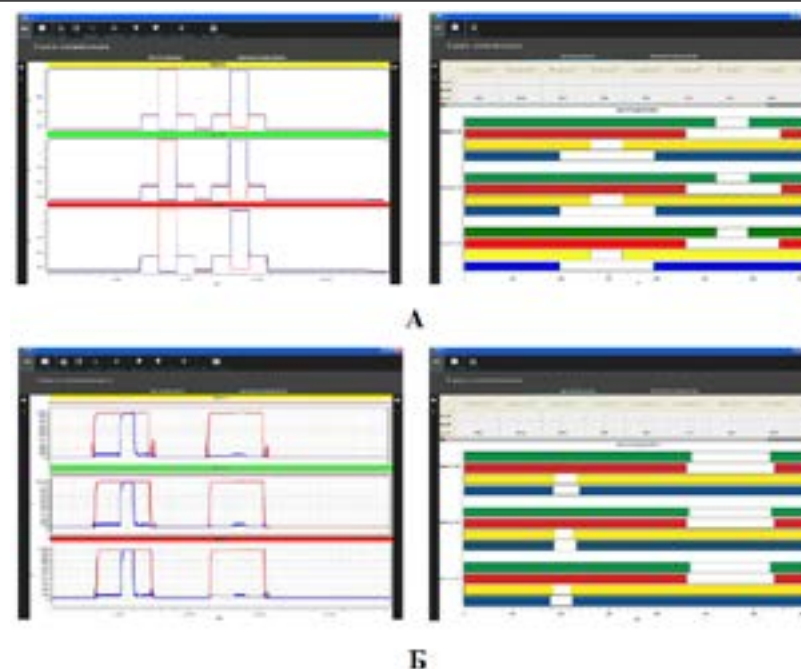


Рисунок 6 – Результаты снятия круговой диаграммы устройства РПН типа РНТ-20 прибором ПКР-2 (просмотр результатов с помощью ПО для ПК):
А – исправного, Б – неисправного

2 Анализ результатов

Рассмотрим круговые диаграммы, показанные на рисунке 6. Сюжет заключается в том, что после окончания капитального ремонта РПН типа РНТ-20 [9] была допущена ошибка при его сборке. В процессе контрольной поверки прибором ПКР-2 было зафиксировано неправильное подключение отвода одной из половин реактора устройства РПН (рисунок 6Б). После исправления дефекта, круговая диаграмма приобрела вид, показанный на рисунке 6А.

Применение приборов ПКР-2 (ПКР-2М) позволяет проконтролировать соответствие фактической круговой диаграммы ее типовому образцу, и выявить признаки исправности или наличие неисправности в диагностируемом оборудовании РПН. Для представления данной информации в графическом или табличном виде, прибор оснащен цветным графическим дисплеем, значительно упрощающим обработку полученных графиков. Прибор поставляется с программным обеспечением (ПО), предназначенным для компьютера (ПК), которое позволяет проводить более детальный анализ

результатов в цифровом виде, полученных прибором, а также оформлять отчет о результатах диагностической проверки. Прибор позволяет не только построить круговую диаграмму, но и предоставить необходимую дополнительную информацию, показывающую исправность или ее отсутствие, включая последствия неправильной сборки переключающего устройства РПН после ремонта [11].

ВЫВОДЫ

При отсутствии своевременной диагностики, неисправность РПН в моменты переключения устройства, может привести к аварии и нарушению режима работы трансформатора подстанций, что не может обеспечивать безопасную работу оборудования подстанций. Эксплуатация данного прибора может позволить значительно сократить финансовые и ресурсные затраты, а также повысить качество диагностики трансформаторов и избежать незапланированного ремонта, за счет выявления неисправностей на ранней стадии их возникновения. Адаптация к конкретному устройству РПН выполняется в приборе автоматически при выборе модели РПН. Для снятия круговых диаграмм прибор комплектуется датчиком угловых перемещений высокой точности, а его специально разработанная фиксация существенно уменьшает погрешность измерения угла поворота вала из-за возможного люфта механических деталей. При этом его установка производится без применения инструмента на оконцевание вала. Главной особенностью ПКР-2 является специально разработанный и встроенный в приборное ПО метод проведения диагностики устройств РПН трансформаторов, который не применяется в других приборах. При разработке ПКР-2 были учтены сильные стороны прибора ПКР-1, который получил немало положительных отзывов, а также пожелания и рекомендации пользователей оборудования производства СКБ ЭП, поэтому ПКР-2 унаследовал достоинства предшественника, а также приобрел новые дополнительные возможности. В разделе использована информация из источников [1–12].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Михеев, Г. М.** Диагностика устройств регулирования напряжения силовых трёхфазных трансформаторов / Г. М. Михеев, Ю. А. Фёдоров, В. М. Шевцов, С. Н. Баталыгин // Электрические станции. 2006. № 4. – С. 54-61.

2 **Михеев, Г. М.** Ресурсосберегающая диагностика переключающих устройств силовых трансформаторов: учеб. пособие для вузов / Г. М. Михеев. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2007. – 184 с.

3 **Михеев, Г. М.** Цифровой метод контроля круговой диаграммы РПН силовых трансформаторов / Г. М. Михеев [и др.] // Электротехника. – 2007. – № 1. – С. 11–16.

4 **Порудоминский, В. В.** Трансформаторы с переключением под нагрузкой / В. В. Порудоминский. М. – Л. : Энергия, 1965. – 264 с. с черт. – (серия «Трансформаторы», вып. 15).

5 **Порудоминский, В. В.** Устройства переключения трансформаторов под нагрузкой / В. В. Порудоминский. – 2-е изд., перераб. и испр. – М. : Энергия, 1974. – 288 с. с ил. – (Трансформаторы; Вып. 25).

6 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: РД 34.20.501-2003 : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации: введ. в действие с 30.06.03. – М. : ЭНАС, 2003. – 264 с.

7 **Русов, В. А.** Диагностический мониторинг высоковольтных силовых трансформаторов / В. А. Русов. – Пермь: Компромисс, 2012. – 159 с.

8 Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Раздел 2. Методы контроля состояния силовых трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих и дугогасящих реакторов. Москва, ОРГРЭС, 1997. – 100 с.

9 **Смагин, А. П.** Серии трансформаторов 110 кВ с РПН. Этапы развития / А. П. Смагин // Электро. – 2009. – № 4. – с. 40–43.

10 **Фарбман, С. А.** Ремонт и модернизация трансформаторов / С. А. Фарбман, А. Ю. Бун, И. М. Райхлин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1976. – 616 с. с ил. – (Трансформаторы; Вып. 29).

11 **Фарбман, С. А.** Ремонт мощных силовых трансформаторов : Учеб. пособие для повышения квалификации рабочих на производстве / С. А. Фарбман, З. И. Худяков, Г. В. Антонов. – М. : Высшая школа, 1972. – 232 с.

12 **Худяков, З. И.** Ремонт трансформаторов : Учеб. / З. И. Худяков. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1986. – 232 с., ил. – (Профтехобразование).

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Д. С. Ахметбаев¹, А. Е. Нуралин²

Жүктелік трансформатордың РПН құрылғыларының цифрлық диагностикасының тиімділігі жөнінде

^{1,2}Электроэнергетика факультеті,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 19.12.18 баспаға түсті.

D. S. Ahmetbayev¹, A. E. Nuralin²**About the efficiency of digital diagnostics of ROD devices of power transformers**^{1,2}Faculty of Electric Power,
S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Электр қондырғыларының жұмыс сенімділігін талдауы көрсеткендей, жабдықтардың тозуының негізгі себебі істен шығуы болып табылады, олардың жалпы санындағы үлестері үнемі осуде. Электр қондырғыларының сенімділігінің төмендеуі себебі, ол жұмыстың ескіру үдерістерімен, шарттарымен және жұмыс тәртібімен байланысты. Электр қондырғыларының сенімділік параметрлерін анықтаудың дәлдігі мен сенімділігін бағалау, олардың электр қондырғыларының зақымдануы туралы статистикалық мәліметтер негізінде түсіндіру қажеттілігін көрсетті. Қазіргі және дамып келе жатқан әдістер мен диагностика құралдарының көрсеткіштері бойынша, талдаудың заманауи деңгейі мен даму келешегі жабдықтың жұмыс сенімділігін жоғарылатудың нақты мүмкіндіктерін құрайды. Тоқтаусыз сынақтарды дамытудың перспективасы бағыттарының бірі – ПКР-2 және ПКР-2М типті арнайы өлішеу құралдарын пайдалана отырып 40 МВА қуаты бар жүктелік трансформаторлардың (бөліктеместен) РПН-ның цифрлық диагностикасын қолданылған.

Analysis of the operational reliability of electrical installations showed that the main cause of failures is equipment deterioration, where the numbers of failures in total are constantly increasing. Reducing of the durability of electrical installations is connected with aging processes, conditions and modes of operation. Evaluation of the accuracy and validity of determining the reliability parameters of electrical installations has shown the necessity of clarifying them on the statistics basis of the damage of electrical installations. Analysis of existing and developing methods and diagnostics tools showed that their current level and developing prospects create real opportunities of increasing the efficiency of exploitation the reliability of equipment. One of the prospective lines of development of non-destructive testing is the digital diagnostics of the on-load tap changing of power transformers (without disassembling) with a power of 40 MVA using special measuring instruments of the RCD-2 and RCD-2M types.

ГРНТИ 65.29.29

А. А. Баубек¹, М. Г. Жумагулов², Н. Р. Картджанов³¹к.т.н., доцент, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан;²PhD, доцент, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан;³магистр, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстанe-mail: ¹baubek.as@mail.ru; ²zhmg_9@mail.ru; ³nurlan-k-e@yandex.kz**ЗАТРАТЫ ТЕПЛОТЫ НА СУШКУ ЗЕРНА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ВЛАЖНОСТИ**

В статье рассматривается влияние влажности зерна на количество теплоты, необходимой для её испарения. Проводится расчет количества теплоты на испарение влаги зерна при различных значениях удельной теплоты, затрачиваемой на преодоление внутреннего сопротивления влагопереносу при сушке. Также рассчитаны затраты теплоты на испарение влаги при различных температурах нагрева зерна. Для сравнительного анализа в расчетах использовались математические уравнения энергетических балансов и теплопередачи. В статье также выявлены факторы влияющие на термический коэффициент полезного действия зерносушилок. Статья может представлять интерес для исследователей и специалистов в агротехническом комплексе.

Ключевые слова: влажность, потери теплоты, коэффициент полезного действия, теплота парообразования, температура.

ВВЕДЕНИЕ

Высокий уровень цен на электроэнергию и топливо ставят деятельность сельхозтоваропроизводителей в жесткие экономические условия. К числу одних из наиболее энергозатратных технологических процессов в растениеводстве относится сушка зерна [1].

Неправильно или нерационально проведенная сушка зерна может приводить к значительным количественным и качественным потерям обрабатываемого материала, а также к неоправданным затратам тепловой и

электрической энергии. Снижение затрат за счёт модернизации оборудования и минимизации неоправданных потерь энергии является одним из условий обеспечения рентабельности сельхозпредприятий. В зерносушении указанные условия тесно связаны с интенсификацией тепломассообмена в процессах сушки зерна [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Расход теплоты $\sum Q$ в зерносушилке можно представить суммой [2]:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \text{ кДж/ч} \quad (1)$$

где Q_1 – затраты теплоты на испарение влаги;
 Q_2 – потери теплоты на нагрев зерна;
 Q_3 – потери теплоты с отходящими газами (с отработанным агентом сушки);
 Q_4 – потери теплоты в окружающую среду (через нагретые поверхности);
 Q_5 – потери теплоты на нагрев транспортных средств;
 Q_6 – потери теплоты вследствие неполного сгорания топлива (от механического и химического недожога).

Одновременно суммарный расход теплоты

$$\sum Q = B \cdot Q_n^p, \text{ кДж/ч} \quad (2)$$

где B – расход топлива, кг/ч;

Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Степень совершенства всякой тепловой установки, в частности и сушильной, оценивается ее энергетическим КПД (иногда его называют «термическим» КПД), который представляет собой отношение полезно использованной энергии (теплоты) ко всей затраченной.

Для зерносушилок, с учетом КПД топки, термический КПД η_c определяется из отношения:

$$\eta_c = \frac{Q_1}{\sum Q}, \text{ кДж/ч} \quad (3)$$

Анализ этого выражения показывает, что для увеличения η_c и, следовательно, снижения затрат теплоты на сушку, необходимо увеличить долю затрат теплоты на испарение влаги Q_1 и уменьшить остальные составляющие, входящие в $\sum Q$.

Рассмотрим, расход теплоты на сушку зерна.

Затраты теплоты на испарение влаги

$$Q_1 = W \cdot (I_n - I_{жс}), \text{ кДж/ч} \quad (4)$$

где W – количество испарившейся влаги, кг/ч;

I_n – энтальпия пара при температуре отработанного агента сушки, кДж/кг;

$I_n = 2500 + 1,842 \cdot t$;

$I_{жс}$ – энтальпия жидкости при начальной температуре зерна, кДж/кг;

$I_{жс} = 4,19 \cdot \theta$.

С другой стороны, затраты теплоты на испарение влаги

$$Q_1 = W \cdot (r + \Delta r), \text{ кДж/ч} \quad (5)$$

где r – удельная теплота парообразования воды при температуре зерна θ , кДж/кг_{вл};

$$r = 2500 - (2,3 + 0,0014 \cdot \theta) \cdot \theta$$

т.е., чем выше температура зерна, а, следовательно, и испаряющейся жидкости, – тем ниже удельная теплота парообразования;

Δr – удельная теплота, затрачиваемая на преодоление внутреннего сопротивления влагопереносу при сушке, которая, согласно данным А. С. Гинзбурга и И. М. Савиной [3] может достигать $0,2 \cdot r$, а согласно данным Г. Зелинского и В. Сорочинского [4] – $0,04 \cdot r$ для зерна пшеницы, $0,11 \cdot r$ для зерна кукурузы и $0,05 \cdot r$ – для зерна риса.

По существу, величина Δr показывает, насколько труднее идет испарение влаги зерна в сравнении с чистой водой, испаряемой с открытой поверхности. Значение Δr в значительной мере зависит от последовательности и сочетания технологических приемов, используемых для обезвоживания зерна. В результате использования более совершенной технологии значение Δr по существу может быть сведено к нулю [2].

Снижение величины Δr не влечет за собой снижение термического КПД η_c , а наоборот, способствует его увеличению, поскольку эта теплота затрачивается при этом на испарение дополнительного количества влаги и, следовательно, значение величины Q_1 в выражениях (3) и (5) при снижении Δr не уменьшается. Правда, этого, из упомянутых выражений не видно.

Пример 1 (расчета затрат теплоты на испарение влаги при различных значениях Δr). Пусть $\Delta r = 2380$ кДж/кг_{вл}; $W = 200$ кг/ч.

Вариант 1. $\Delta r_1 = 0,2 \cdot r = 0,2 \cdot 2380 = 476$ кДж/кг_{вл}. Тогда $Q'_1 = W \cdot (r + \Delta r_1) = 200 \cdot (2380 + 476) = 571200$ кДж/ч.

Вариант 2. $\Delta r_2 = 0,05 \cdot r = 0,05 \cdot 2380 = 119$ кДж/кг_{вл}. То есть снижение затрат теплоты составило $\Delta r_1 - \Delta r_2 = 476 - 119 = 357$ кДж/кг_{вл} и, следовательно, эта теплота пошла на испарение дополнительного количества влаги

$$\Delta W = W \cdot \frac{\Delta r_1 - \Delta r_2}{r + \Delta r_2} = 200 \cdot \frac{357}{2380 + 119} = 28,6, \text{ кг/ч.}$$

Таким образом, приведенный расчет подтвердил, что в результате снижения Δr значение Q_1 остается на прежнем уровне за счет увеличения количества испаренной влаги и, следовательно, производительности зерносушилки.

Этот же расчет показал и несовершенство термического КПД, как показателя эффективности теплоиспользующих установок.

Пример 2 (расчета затрат теплоты на испарение влаги при уменьшении r вследствие применения более высоких температур нагрева зерна).

Вариант 1. $W_1 = 200$ кг/ч; $\Delta r_1 = 0,2$; r_1 ; $\theta_1 = 40$ °С.

$$r_1 = 2500 - (2,3 + 0,0014 \cdot 40) \cdot 40 = 2405,8 \text{ кДж/кг}_{\text{вл}}$$

$$\Delta r_1 = 0,2 \cdot 2405,8 = 481,15 \text{ кДж/кг}_{\text{вл}}$$

$$Q'_1 = W_1 \cdot (r + \Delta r_1) = 200 \cdot (2405,8 + 481,15) = 577390 \text{ кДж/ч.}$$

Вариант 2. $\Delta r_2 = 0,2$; r_2 ; $\theta_2 = 60$ °С.

$$r_2 = 2500 - (2,3 + 0,0014 \cdot 60) \cdot 60 = 2357 \text{ кДж/кг}_{\text{вл}}$$

$$\Delta r_2 = 0,2 \cdot 2357 = 471,4 \text{ кДж/кг}_{\text{вл}}$$

То есть снижение затрат теплоты на испарение влаги составит:

$$(r_1 - \Delta r_1) - (r_2 - \Delta r_2) = (2405,8 + 481,15) - (2357 + 471,4) = 2886,95 - 2828,4 = 58,55 \text{ кДж/кг}_{\text{вл}}$$

Количество дополнительно испаренной влаги составит:

$$\Delta W_2 = 200 \cdot \frac{58,55}{2828,4} = 4,1 \text{ кг/ч.}$$

Отсюда,

$$Q''_1 = (W_1 + \Delta W_2) \cdot (r + \Delta r_1) = (200 + 4,1) \cdot (2357 + 471,4) = 577390 \text{ кДж/ч.}$$

То есть результат тот же самый, что и при изменении Δr_1 , – значение Q_1 остается прежним.

Проведенный анализ показал, таким образом, что снижения удельных затрат теплоты на испарение влаги можно достигнуть за счет более совершенной технологии и поддержания в процессе обезвоживания более высоких значений его температуры (разумеется, в пределах допустимого).

Одновременно, этот анализ показал, что для повышения эффективности использования зерносушилок совсем необязательно увеличивать Q_1 . Более того, имеет смысл снизить Q_1 и одновременно ΣQ .

Если обратиться к выражению (5), то нетрудно заметить, что величина Q_1 зависит не только от r и Δr , но и от количества испаряющейся в процессе сушки влаги. Последняя в значительной мере зависит от конечной влажности подвергаемого сушке зерна.

Особенно возрастает Q_1 в случае пересушивания зерна. Следовательно, одним из путей снижения затрат теплоты на сушку является организация контроля влажности и автоматического регулирования заданного значения влажности просушенного зерна.

Приравняв правые стороны выражений (4) и (5), подставив в них составляющие, и преобразовав их относительно Δr , получим выражение:

$$\Delta r = c_n \cdot t' + (2,3 + 0,0014 \cdot \theta) \cdot \theta - c_g \cdot \theta_p \text{ кДж/кг}_{\text{вл}} \quad (6)$$

ВЫВОДЫ

Анализ выражения (6) позволяет сделать заключение о том, что составляющими удельной теплоты, затрачиваемой на преодоление внутреннего сопротивления влагопереносу при сушке, являются температура обработанного агента сушки, исходная и средняя температура зерна в процессе сушки. Одновременно это выражение является прямым подтверждением того, что удаление прочно связанной влаги требует использования более высокотемпературного агента сушки и нагрева зерна до предельно допустимых значений температуры (более высоким величинам Δr должны соответствовать большие значения θ , а последнее невозможно без использования высокотемпературного агента сушки).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Малин, Н. И.** Теория и практика энергосберегающей сушки зерна: автореф. дис. доктора технических наук. – М. : Московская государственная технологическая академия, 2001.

2 **Малин, Н. И.** Снижение энергозатрат на сушку зерна // Обзона информация. Серия : Элеваторная промышленность. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1991. – 46 с.

3 **Гинзбург, А. С., Савина, И. М.** Массовлагообменные характеристики пищевых продуктов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 280 с.

4 **Зелинский, Г., Сорочинский, В.** Достижения и задачи науки в зерносушении//Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность, 1986, № 4. – с. 8–11.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

A. A. Baubek¹, M. G. Zhumagulov², N. P. Kartdjanov³

Дәндерті кептіруге оның ылғалдылығынан тәуелді жылу шығыны

^{1,2,3}Көлік-энергетика факультеті,

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

A. A. Baubek¹, M. G. Zhumagulov², N. R. Kartjanov³

Cost of heat for grain drying depending on its moisture

^{1,2,3}Faculty of Transport and Energy,

L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Astana, 010008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақалада дәндердің ылғалдылығының оның булануы үшін қажетті жылу мөлшеріне әсері зерттеледі. Кептіру кезінде ылғалдың тасымалдануына ішкі кедегіні өту үшін жұмсалтын меншікті жылуудың әртүрлі мәндерінде дәннің ылғалдылығын буландыруға жылу мөлшерін есептеу жүзеге асырылады. Сонымен қоса, дәнді қыздырудың әртүрлі температураларында ылғалды буландыру үшін жылу шығыны анықталды. Салыстырмалы талдау үшін есептеулерде энергетикалық баланстың математикалық теңдеуі және жылу берілу теңдеулері пайдаланылды. Сондай-ақ, мақалада дән кептіргіштерінің термиялық пайдалы әсер коэффициентіне әсер ететін факторлар анықталған. Мақала агроөнеркәсіптік кешендегі зерттеушілер мен мамандар үшін қызықты болуы мүмкін.

The article considers the effect of grain moisture on the heat which is necessary for its evaporation. Calculation is made for the amount of heat on the evaporation of grain moisture for different values of specific heat, spent on overcoming the internal resistance to moisture transfer during drying. Also, the cost of heat is calculated for evaporation of moisture at different temperatures of grain heating. Mathematical equations of energy balances and heat transfer were used in calculations for comparative analysis. The article also identifies factors that affect the thermal efficiency of grain dryers. The article may be of interest for researchers and specialists in the agro-technical complex.

С. А. Бахтибаева

PhD докторант, Факультет естествознания, Международный казахско-турецкий университет имени А. Ясави, г. Туркестан, 1612000, Республика Казахстан

e-mail: sbahtibaeva@mail.ru

**РОЛЬ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ
В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ**

В этой статье указывается роль физики полупроводников в научно-техническом прогрессе, его значение в профессиональной компетентности будущих учителей физики. Обосновывается внимание к полупроводникам в области образования, как важное требование в развитии научно-технической грамотности студентов. Сделан анализ школьной программы на содержание основных понятий полупроводников. Представлен анализ эксперимента с целью определения уровня знаний выпускников 5B011000-Физика в области полупроводников, предусмотренной школьной программой. Обоснована необходимость введения физики полупроводников в учебную программу будущих учителей физики. Указана целесообразность применения компьютерных технологий для эффективного объяснения абстрактных понятий. Была представлена профессиональная компетентность будущих учителей физики, как взаимосвязь между содержанием теоретических знаний и способностью использовать их в профессиональной деятельности. Определена роль физики полупроводников в профессиональной компетентности будущих педагогов, направленная на воспитание интереса у школьников к прикладным аспектам современной жизни.

Ключевые слова: научно-технический прогресс, физика полупроводников, профессиональная компетентность учителей.

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс, влияющий на социально-экономическое развитие государства, выдвигает новые требования к качеству профессионального образования выпускников вузов. Система образования должна выполнять свои функции с учетом требований современного

мира. Она связана с новыми стратегическими взглядами на формирование специалистов, имеющих важное значение в XXI веке.

Благосостояние каждого государства определяется большими достижениями в области науки и техники. В современном обществе наряду с термином «научная грамотность» начинают использовать термин «технологическая грамотность». Эта грамотность ведет к формированию будущих специалистов, которые смогут удерживать конкуренцию на международном уровне и участвовать в развитии экономики своего государства.

Состояние и развитие экономики каждой страны имеет свои особенности, обусловленные спецификой его ресурсов. Наше государство богато ресурсами и мы должны использовать их как важное стратегическое преимущество для обеспечения экономического роста. Президент Казахстана Н. А. Назарбаев в своем выступлении отметил, что мы должны перейти от простых поставок сырья к сотрудничеству в области переработки энергоресурсов и обмена новейшими технологиями [1].

Экономика современного государства в большей степени зависит от полупроводниковой промышленности. На основе полупроводников разрабатываются источники энергии, они позволяют компьютерам запускать программные приложения, такие как электронная почта, интернет-браузеры, текстовые редакторы и электронные таблицы, а также хранить документы, фотографии, видео, музыку и другие данные. Они также используются в бесчисленных других продуктах, от сотовых телефонов и игровых систем до самолетов и промышленного оборудования, до военной техники и оружия. Даже некоторые модели автомобилей включают в себя до 6000 полупроводников. Исследования и производство полупроводниковой технологии являются предметом международного интереса. Среди крупнейших производителей полупроводниковых продуктов являются США, Китай, Южная Корея, Япония, Тайвань. Поэтому внимание к полупроводникам в области образования является важным требованием для студентов в формировании более правильного имиджа в современном научно-техническом развитии. Изучение физики полупроводников позволит не только понять мир, полный продуктов полупроводниковой технологии, но и критически анализировать его, принимать решения и участвовать в инновациях, отвечающих потребностям и требованиям общества.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В казахстанских школах по естественно-научному направлению полупроводники изучаются в 10 классе. В рамках учебной программы тема «Электрический ток в полупроводниках» изучается в разделе

«Электричество». По учебному плану на изучение данной темы отводится 1 час. Содержание и понятия, которые должны быть изучены, можно отобразить в следующем виде (таблица 1):

Таблица 1 – Содержание основных понятий полупроводников:

Тема	Подтема	Понятия
Электрический ток в полупроводниках	Проводники, диэлектрики, полупроводники	Атомная структура вещества Валентные электроны, зависимость сопротивления и освещенности от температуры
	Собственная и примесная проводимости полупроводников	Электроны и дырки, полупроводники n-типа, полупроводники p-типа, акцепторы и доноры
	Электронно-дырочный переход	электронно-дырочный переход, запирающий слой, обратный ток, прямой ток
	Полупроводниковый диод	полупроводниковый диод, вольт-амперная характеристика
	Полупроводниковый транзистор	n-p-n транзистор, p-n-p транзистор, коллектор, эмиттер
	Применение полупроводниковых приборов	интегральная микросхема

По таблице видно, какой объем знаний предполагается изучить за ограниченное время. Поскольку понятия, используемые при изучении темы «электрический ток в полупроводниках» не проявляются в макроскопической среде, требуется адаптация содержания к психологической когнитивной структуре учащихся на этом уровне. Кроме того, их изучение требует способности к абстракции, которая часто не достаточно развита в этом возрасте. Это возможно при основательной подготовке будущих учителей к предмету изучения.

Осознавая эту ситуацию, мы провели экспериментальное исследование с выпускниками естественного факультета по специальностям 5B011000-Физика (педагогическое направление) и 5B060400-Физика (научное направление). Цель состояла в том, чтобы проверить знания будущих

учителей физики по основным понятиям физики полупроводников, в рамках учебной программы 10 класса. Для проведения исследования мы использовали десять вопросов с несколькими вариантами ответов. Большинство вопросов были разработаны в соответствии с содержанием основных понятий полупроводников, которые преподаются в 10 классе.

Мы заметили, что именно выпускники группы 5B060400 проявляют наибольшую уверенность в своих ответах. Это можно понять, если учесть, что студенты специальности 5B060400-Физика на втором курсе изучают физику полупроводников. Поэтому невысокий уровень ответов выпускников специальности 5B011000 мы можем приписать к тому факту, что в учебной программе изучение физики полупроводником не рассматривается.

Действительно, анализ учебной программы специальности 5B011000-Физика показывает, что изучение физики полупроводников, а именно содержание основных понятий физики полупроводников, предусмотренное школьной программой, не рассматривается. Полупроводники в рамках учебной программы специальности 5B011000-Физика рассматриваются в курсах: «Радиоэлектроника» в рамках темы «Электронные приборы, полупроводниковые приборы, интегральная микроэлектроника»; «Физика ядра и конденсированных сред» в содержании темы «Металлы, полупроводники и диэлектрики». Детально изучить основные понятия полупроводников, предусмотренных школьной программой в контексте данных тем не предоставляется быть возможным.

Современное общество требует от системы образования не только усвоение определенных знаний, основанных на преподавании специальных дисциплин, но и умение профессионально владеть возможностями своих знаний. Так, в государственном общеобязательном стандарте высшего образования Республики Казахстан подчеркивается профессиональная компетентность выпускника вуза. Формирование профессиональной компетентности будущих учителей это одна из актуальных задач высшего педагогического образования. И научные знания, которые являются необходимой предпосылкой для каждого учителя, составляют основную часть педагогического профессионализма.

В условиях компьютеризации всех сфер жизни общества профессиональная деятельность многих специалистов связана, а может и зависит от умения использовать компьютерные технологии. В профессиональной деятельности преподавателя применение средств компьютерных технологий имеет большое значение.

Для того, чтобы преподавание было эффективным целесообразно знать какие трудности встречаются у студентов в изучении основных понятий физики полупроводников. Поскольку, насколько они хорошо

будут усваиваться студентами, настолько они будут вносить существенный вклад в изучение основ физики полупроводников. Изучение физики полупроводников связано с абстрактными понятиями, что затрудняет восприятие материала студентами. Поэтому для решения этих проблем необходимо совершенствование методики изучения теоретической базы данного курса. Использование компьютерных анимаций физических процессов дает возможность повысить наглядность при введении сложных и абстрактных физических понятий [2].

ВЫВОДЫ

Можно сказать, что предпосылки развития научно-технологической грамотности начинаются в школьной среде и профессиональная компетентность будущих учителей должна способствовать ее формированию. Под профессиональной компетентностью учителя понимается прежде всего теоретические познания обучаемой дисциплины. Кроме того, преподаватель должен связать предмет с социальными, экономическими, экологическими проблемами, указать его ценность в повседневной жизни. Дополнительным требованием является знание междисциплинарного подхода к материалу, то есть использование изображения, аналогии и познания, полученные учащимися по другим предметам.

Изучение физики полупроводников способствует:

- формированию правильного имиджа по отношению современного научно-технического развития;
- развитию научно-технического мышления;
- развитию правильного отношения к социально-экологическим проблемам;
- показывает связь физики с другими дисциплинами (химия, экология, экономика).

Таким образом, физика полупроводников является обязательным курсом для обучения будущих учителей физики, обеспечивающая реализацию профессиональной компетентности в условиях научно-технического прогресса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Послание Президента Республики Казахстан Н. А. Назарбаева народу Казахстана, Стратегия «Казахстан 2050».

2 Бахтибаева, С. А., Беркимбаев, К. М. Необходимость использования информационных технологий в процессе обучения физике полупроводников // Вестник Карагандинского государственного университета. – 2015. – № 3.

3 Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан. ГОСО РК 6.08.066-2010 по специальности 5В011000 – Физика. Министерство образования и науки Республики Казахстан. – Астана, 2010.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

С. А. Бақтыбаева

Болашақ физика мұғалімдерінің кәсіби біліктілігін қалыптастырудағы жартылай өткізгіш физиканың ролі

Жаратылыстану факультеті,

К. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,

Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

S. A. Bakhtibaeva

The role of semiconductor physics in the formation of professional competence of future physics teachers

Faculty of Natural Sciences,

K. A. Yesevi International Kazakh-Turkish University,

Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Бұл мақалада жартылай өткізгіш физиканың ғылыми-техникалық прогрестің ролі, болашақ физика мұғалімдерінің құзыреттілік біліктілігіндегі маңыздылығы көрсетілген. Ол студенттердің ғылыми-техникалық сауаттылығын дамытуда маңызды талаптар ретінде білім беру саласындағы жартылай өткізгіштерге назар аударады. Мектеп бағдарлама бойынша жартылай өткізгіштердің негізгі ұғымдарының мазмұны талдау жасаған. Экспериментті талдау 5В011000 – Физика мамандығының жас түлектерінің білім деңгейін анықтау үшін, мектеп бағдарламасында қарастырылған жартылай өткізгіштер саласында ұсынылған. Болашақ физика мұғалімдерінің оқу жоспарына жартылай өткізгіштер физикасын енгізу қажеттілігі негізделген. Компьютерлік технологияларды дерексіз ұғымдарды тиімді түсіндіру үшін қолданудың орындылығы көрсетіледі. Болашақ физика мұғалімдерінің кәсіби құзыреттілігі теориялық білімдердің мазмұны мен оларды кәсіби қызметте пайдалану мүмкіндігімен байланыс ретінде ұсынылды. Болашақ мұғалімдердің қазіргі заманғы өмірдің қолданбалы аспектілеріне қызығушылығын арттыруға бағытталған кәсіби жектеудегі жартылай өткізгіш физиканың ролі анықталды.

This article indicates the role of semiconductor physics in scientific and technical progress, its importance in the professional competence of future physics teachers. It justifies attention to semiconductors in the field of education, as an important requirement in the development of scientific and technical literacy of students. The analysis of the school curriculum on the content of the basic concepts of semiconductors. An analysis of the experiment is presented in order to determine the level of knowledge of graduates of 5B011000-Physics in the field of semiconductors, provided for in the school program. The necessity of introducing the physics of semiconductors into the curriculum of future physics teachers is substantiated. The expediency of using computer technologies for the effective explanation of abstract concepts is indicated. The professional competence of future teachers of physics was presented as the relationship between the content of theoretical knowledge and the ability to use them in professional activities. The role of semiconductor physics in the professional competence of future teachers, aimed at raising interest among students in the applied aspects of modern life, is defined.

ГРНТИ 61.59.37

Н. К. Бейсембаев¹, К. Х. Жапаргазинова²

¹магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.х.н., профессор, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: ¹leon-cs-wc@mail.ru; ²gul_0859@mail.ru

**МОДЕРНИЗАЦИЯ БЛОКА ТОНКОЙ ОЧИСТКИ
МОНОМЕРА ТОО «КОМПАНИЯ НЕФТЕХИМ LTD»**

В данной статье исследуется актуальность модернизации блока тонкой очистки пропилена. Проведен анализ мирового рынка реагентов по очистке олефинов, сравниваются способы очистки углеводородов и их эффективность. Наряду с этим внимание уделено экологичности использования данных способов и экологичности конечного продукта.

Объекты исследования: блок тонкой очистки мономера производства полипропилена на ТОО «Компания Нефтехим LTD». Для снижения затрат по модернизации блока тонкой очистки мономера предложено использование существующего оборудования с незначительной корректировкой компоновки оборудования.

В статье рассматривается необходимость изучения современных инновационных методов очистки пропилена и дальнейшего применения методов для эффективной и безопасной работы как блока тонкой очистки мономера, так и всего производства полипропилена в целом. Задачей является проведение процесса модернизации при минимальных затратах на внедрение, монтаж и эксплуатацию.

Ключевые слова: сжиженный газ (углеводород, пропилен), полипропилен (производство полипропилена), адсорбция, нефтехимия, очистка.

ВВЕДЕНИЕ

Пропилен – газообразное вещество с температурой кипения $t_{\text{кип}} = -47,6$ °С. Обладает значительной реакционной способностью. Один из многочисленных продуктов нефтепереработки – пропан-пропиленовая фракция, является сырьем для производства полипропилена.

Полипропилен – синтетический термопластичный неполярный полимер, принадлежащий к классу полиолефинов. Продукт полимеризации пропилена. Твердое вещество белого цвета.

На данный момент полипропилен занимает 2-е место в мире среди полимеров по объёму потребления, с долей 26 %, уступая только полиэтилену.

Полипропилен обладает высокой стойкостью к кислотам, щелочам, растворам солей и другим неорганическим агрессивным средам. Полипропилен имеет низкое влагопоглощение. Характеризуется хорошими электроизоляционными свойствами в широком диапазоне температур, также имеет хорошие механические свойства, низкую износостойкость. Благодаря сочетанию ценных эксплуатационных свойств полипропилен нашел широкий спектр практического применения, среди которых пленки, волокна, детали автомобилей, большой ассортимент слабонагруженных изделий, детали бытовой аппаратуры и многое другое.

Наряду с высокими барьерными и физико-механическими характеристиками, использование полипропилена экономически выгодно вследствие сравнительно невысокой стоимости и малой плотности, возможности снижения веса изделий, при замене традиционно используемого полиэтилена, исходя из более высоких прочностных характеристик. Однако наряду с явными достоинствами, полипропилен имеет и характерные недостатки: низкую прозрачность и повышенную хрупкость, а также технологические трудности при переработке некоторыми методами (например, при глубокой вытяжке). Объясняется это возникающей при формировании изделий надмолекулярной структурой полипропилена: так как температура плавления кристаллической фазы более чем на 20 °С выше, чем аморфной, при формировании (охлаждении расплава) образуются крупные кристаллиты, что и обуславливает вышеупомянутые негативные качества.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Сжиженный газ – один из наиболее перспективных видов энергоносителей. Это одно из наиболее активно развивающихся направлений в энергетике [1]. По данным Международного энергетического агентства (IEA), человечество ежегодно потребляет свыше 3 трлн м³ газа, и спрос на него может вырасти до 4,5 трлн к 2035 г. [2]. При этом в 2017 г. мировой рынок СГ составил около 285 млн т и по прогнозам к 2030 г. он вырастет почти вдвое – до 460 млн т. [3].

Сегодня в мире существует ряд запланированных проектов производства СГ, основная цель которых удовлетворить будущий разрыв в поставках. Для успешной реализации таких проектов, разработчики должны преодолеть ряд рисков, проблем и сложностей, в том числе:

- согласование мощности завода с гарантированными потребителями;
- прогнозирование, контроль затрат и графика реализации проекта;
- использование более сложного и переменного по составу сырья;
- введение более строгих экологических норм и требований к продукции;
- использование доступного оборудования, удовлетворяющего современным требованиям надежности, безопасности и эффективности;
- устранение и полная утилизация отходов и побочных продуктов.

Своевременные сроки и результаты принятия окончательных инвестиционных решений, соблюдение графиков строительства и запуска установок зависят от способности подрядчиков и операторов производств решать эти важнейшие задачи.

Оптимизация технологий является одним из способов совершенствования эффективности в индустрии СГ [4]. Внедрение инноваций на установках предварительной обработки газа, обеспечивают преимущества того или иного проекта по подготовке газа.

В области современных технологических решений на стадии подготовки газа, основное внимание следует уделять адсорбентам, которые увеличивают эффективность удаления ртути и воды, что напрямую влияет на экономию капитальных и операционных расходов. Однако, затраты на адсорбционные процессы при их неправильном расчете могут неоправданно увеличиваться, поэтому очень важно располагать правильными исходными данными по емкости адсорбентов по компонентам для газа определенного состава [6].

В настоящее время мировые мощности по выпуску пропиленов составляют 67,5 млн. тонн. При этом ежегодно вводятся все новые мощности, строятся все более крупнотоннажные производства.

Большая часть производственных мощностей по пропилену сосредоточена в Европе, Северной Америке и Азии (диаграмма 1). В настоящее время за год в мире производится более 60 миллионов тонн пропиленов полимерного и химического сортов (PG/CG). Большая часть выпуска пропиленов этих сортов приходится на долю установок пиролиза, где пропилен – побочный продукт производства этилена. Установками термического крекинга вырабатывается более 60 % такого пропиленов. Нефтеперерабатывающими – предприятиями выпускается 34 %. При дегидрогенизации или метатезисе пропана производится 3 % пропиленов (в данном случае пропилен – целевой продукт) (диаграмма 2).

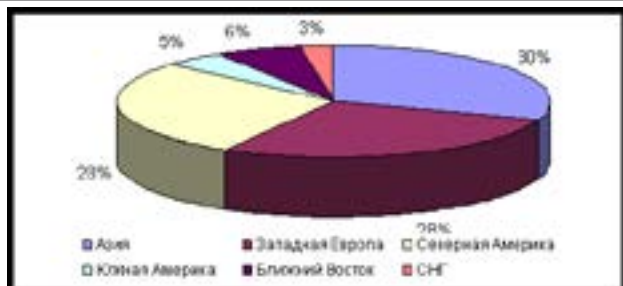


Диаграмма 1 – Загруженность производственных мощностей по пропилену по регионам



Диаграмма 2 – Пути получения пропилена

Пропилен нефтехимической чистоты производится на нефтеперерабатывающих предприятиях мира в количестве, равном 31,2 миллион тонн. Большая часть такого пропилена вырабатывается на предприятиях, где пропилен – побочный продукт производства бензина и дистиллятов. Половина этих пропиленовых мощностей интегрирована с нефтехимическими предприятиями, на которых происходит алкилирование пропилена или смешивании пропана и с каждым годом производство пропилена нефтехимической чистоты, поставляемого для нефтехимической отрасли – предприятиями, увеличивается на 5 %.

Во всем мире ежегодно спрос на пропилен растет быстрее, чем спрос на этилен. Поэтому, в будущем все больше пропилена будет производиться на нефтеперерабатывающих предприятиях на установках каталитического крекинга с использованием каталитических добавок ZSM-5, позволяющие удвоить выпуск пропилена, а также новейшие технологии, такие как технология глубокого каталитического крекинга. Также в перспективе появление мощностей по производству пропилена из метанола, но доля их в общей структуре будет незначительна.

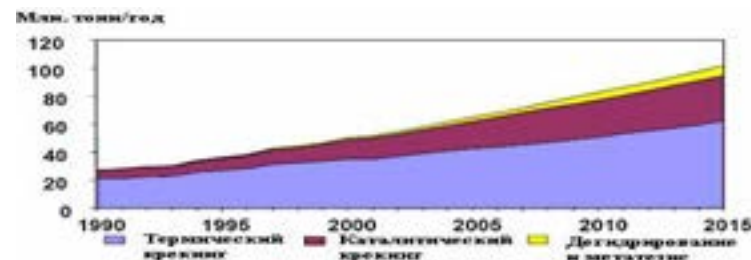


Диаграмма 3 – влияние глубины переработки нефти на объемы производства пропилена

По данной диаграмме (диаграмма 3) видно увеличение объемов и глубины переработки нефти и увеличение объемов получения пропилена. В связи с этим и возрастает спрос на новые, технологичные методы очистки пропилена для дальнейшей его переработки в нефтехимии.



Диаграмма 4 – Товарная структура потребления пропилена в 2015 году

На данный момент в мире производится 64 млн. тонн в год пропилена полимеризационной и химической чистоты. Нормы загрузки мощностей по производству олефинов в ближайшие годы превышают 97 % против 95 % в 2010 году, но их рост будет отставать от роста спроса (диаграмма 4). При таких темпах роста, потребность в пропилене в ближайшие годы будет значительно превышать объемы производства, в связи с чем, новые технологии его производства чрезвычайно актуальны. При этом, особенно важным является производство пропилена высокой степени чистоты, необходимого для производства полипропилена.

Итак, для удаления тяжелых углеводородов из газового сырья был разработан процесс селективной адсорбции, который может выборочно

удалять углеводороды и ароматические углеводороды при небольшом перепаде давления. Данное решение может обеспечить экономию до 50 % в сравнении с криогенным удалением на крупномасштабных установках и до 35 % экономии по сравнению с ректификационной очисткой на мало- и среднетоннажных установках. Внедрение таких решений в виде модульных установок обеспечит более низкие капитальные затраты, чем площадочная реализация для производства сжиженного газа.

Одним из преимуществ данной технологии является возможность ее реализации в блочно-модульном исполнении. Использование блоков заводской готовности для установок предварительной подготовки газа, в отличие от площадочного монтажа оборудования, позволяет быстрее производить изготовление и сборку, что влечет за собой соблюдение графика реализации и качества производства.

Уровень требований к обработке природного газа также зависит от состава и изменчивости источников сырья, спецификаций на товарные продукты и местных экологических норм.

Следует отметить, что качество СГ определяется не только нормативными документами на поставку газа, определенные требования накладывает сам процесс сжижения. Например, для предотвращения эксплуатационных проблем в криогенных установках (обмерзание теплообменников из-за высокого содержания воды и углекислого газа, образования амальгам на алюминиевых частях оборудования, коррозия оборудования), концентрация этих веществ ограничивается [5].

При очистке и разделении природного газа по традиционной схеме технологического процесса, из исходного сырья на различных этапах сначала удаляют ртуть, сероводород, углекислый газ и воду до чрезвычайно низких уровней, затем сырье обрабатывают для удаления тяжелых углеводородов (рисунок 1).

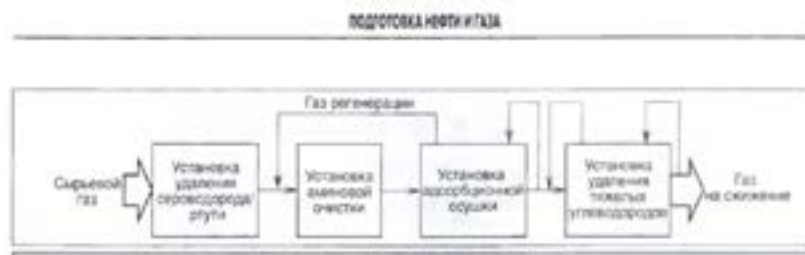


Рисунок 1 – Типовая схема очистки газа перед сжижением

Для удаления ртути возможно использовать регенерируемые или не регенерируемые адсорбенты (рисунок 2). Современные не регенерируемые адсорбенты используются в адсорбере, размещаемым перед установками аминной очистки и осушки. Их основное отличие от традиционных установок удаления ртути, на которых применяется активированный уголь, – возможность размещения перед установкой осушки из-за устойчивости адсорбентов к воде. Современные адсорбенты (GB-567, GB-562HP) (рисунок 5) имеют почти в три раза большую емкость, чем стандартные [7], что приводит к увеличению срока службы, меньшему количеству загрузки и экономии капитальных затрат за счет уменьшения металлоемкости адсорберов.

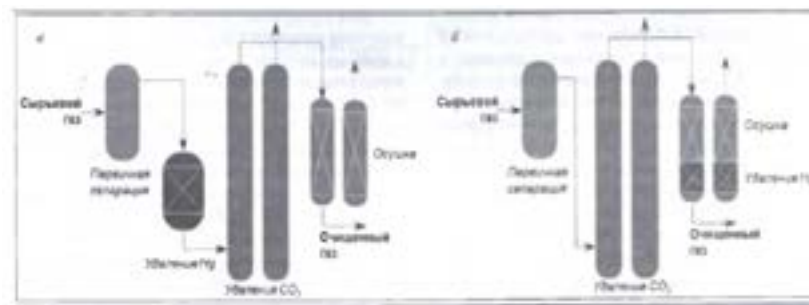


Рисунок 2 – Адсорбционные технологии очистки

Адсорбенты на основе оксидов и сульфидов переходных металлов являются регенерируемыми, поэтому могут быть добавлены в адсорберы осушки, сокращая затраты при этом на отдельный блок. Для установок осушки целесообразно использовать адсорбенты, которые также обеспечивают длительный срок службы за счет большей емкости и имеют повышенную прочность. В новых установках такие адсорбенты позволят уменьшить размеры аппаратов, тем самым уменьшая капитальные затраты (металлоемкость) и снизить операционные издержки (меньшее потребление энергии).

Одним из требований владельцев и компаний-операторов заводов СПГ является гибкость технологической установки подготовки газа, которая будет постоянно защищать основной криогенный теплообменник от отложений кристаллов тяжелых углеводородов. Современные реализованные технологии могут эффективно удалять тяжелые углеводороды, из жирного сырьевого газа (рисунок 3).

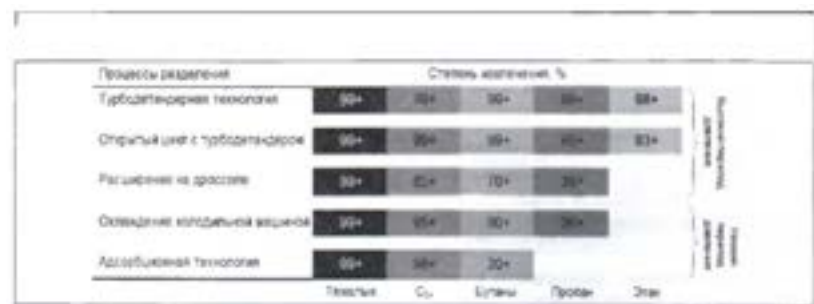


Рисунок 3 – Технологии удаления тяжелых углеводородов

Установки СПГ получают сырье из разных источников. Часто в процессе разработки месторождения компонентный состав газа может изменяться. Еще более динамичным может быть состав газа, поставляемого на сжижение по трубопроводу. Если для первого случая данный фактор изменяется достаточно медленно, то для проектов заводов СГ, увязанных с газопроводами, изменение состава газа может серьезно влиять на параметры технологии сжижения, поэтому, чтобы оставаться экономически эффективными, заводам необходима оперативная оптимизация процесса [4].

Традиционные методы обработки бедного газа для удаления тяжелых углеводородов, такие как абсорбция, низкотемпературная сепарация и конденсация, могут иметь более высокие экономические издержки, уменьшать мощность установки и усложнять процесс.

Адсорбционное извлечение углеводородов представляет собой высокоселективный процесс аналогичный регенерируемой адсорбционной осушке. Газ в потоке очищается в адсорбере, в то время как десорбер (или десорберы) продуваются чистым, нагретым газом регенерации для отдувки тяжелых углеводородов. Регенерированный газ затем охлаждают, и сконденсированные углеводороды отделяются в сепараторе.

Помимо насыщенных углеводородов блок может удалять ароматические углеводороды до концентраций <math><1ppm</math>, воду, углекислый газ, меркаптаны и следы других загрязнителей, таких как гликоль, смазки и амины (если они присутствуют в сырьевом газе). Система является достаточно гибкой, чтобы справляться с различными составами газа осуществляется регулировка времени цикла регенерации или температура охлаждающего потока газа.

Технология адсорбционной очистки энергоэффективна, поскольку позволяет избежать значительного снижения давления и нагрузки на узел охлаждения, неизбежных при криогенных вариантах. При крупнотоннажном производстве СГ традиционная установка для удаления углеводородов

включает в себя турбодетандер или дроссель, расположенный после блока осушки. Расширение снижает температуру углеводородов, однако этот метод требует ректификационной колонны для отделения жидкостей от газа и компримирования газа на выходе из установки до уровня, позволяющего эффективному функционированию основного криогенного теплообменника.

При адсорбции же происходит небольшой перепад давления (вызванный гидравлическим сопротивлением). Кроме того, охлаждению подвергается только отдувочный газ, что снижает затраты на сжатие и конденсацию. Например, по оценкам авторов работы [7], для завода мощностью 500 тыс. т/год возможна экономия до 50 % по сравнению с криогенным решением (экономия капитальных затрат до 30 % и ежегодная экономия на операционных затратах до 75 %).

Для небольших и средних проектов СГ удаление углеводородов может осуществляться в колонне, которая может быть интегрирована с холодильным агрегатом для предварительного охлаждения газа или путем отделения потока из главного криогенного теплообменника. Этот вариант дешевле схемы с турбодетандером, но он более сложен при эксплуатации, особенно когда подаваемый сырьевой газ обеднен. Помимо падения давления, необходимого для работы, на производительность колонны может влиять недостаточное количество широкой фракции легких углеводородов для создания рефлюкса, необходимого для удаления тяжелых компонентов, что в целом приводит к проблемам работоспособности и надежности.

Традиционно ЕРС-поставщики ответственны за компоновку поставляемых различными производителями технологических установок для каждой стадии предварительной очистки. Для компаний-заказчиков установок СПГ такой подход подвергает рискам невыполнения поставок отдельных узлов производства. Применение модульных конструкций и поставок обеспечивают точное соблюдение графика, предсказуемость взаимной интеграции блоков и экономически эффективный подход. При таком решении поставщик технологии очистки газа напрямую работает с заказчиком для определения оптимальных параметров аминовой очистки, осушки и проектирования блока удаления тяжелых углеводородов, а затем предоставляет решение в виде сборного модульного оборудования с фиксированной ценой. ЕРС-подряд по-прежнему играет важную роль в этом подходе, но существуют явные преимущества реализации установок предварительной очистки в блочно-модульной конфигурации.

Модульное оборудование может обеспечить более низкие капитальные затраты, чем площадочная реализация для производственных мощностей по СПГ до 500 тыс. т/год, что связано с сокращением инженерного, проектного управления, труда в условиях площадки и использования повторяемости

решений. Одиночные линии легко комбинируются. Несколько линий могут быть введены как одновременно, так и поэтапно, чтобы быть более экономически эффективными, по сравнению с одной линией большой мощности. Использование полинейного роста для наращивания мощностей представляют собой эффективную стратегию управления потоками денежных средств за счет расширения установок поэтапно, поскольку возможности реализации продукции растут с течением времени. Если дополнительный спрос в будущем не оправдается, владелец сможет уменьшить инвестиции в ненужные мощности.

В таблице приведены обобщенные факторы и пути достижения эффективности для установок газа (таблица 1, 2).

Потребление природного газа продолжает быстро увеличиваться. Сейчас природный газ рассматривается как наиболее обильный и динамично развивающийся первичный источник энергии. Огромные ресурсы природного газа и новые технологии его добычи делают XXI век – веком газа [9]. СГ является привлекательным способом монетизации береговых и морских запасов газа. Кроме того, перспективным направлением развития отрасли является применение СГ в качестве моторного топлива [10]. Для удовлетворения будущих потребностей в поставках потребуются большие мощности по производству СГ.

В современных условиях применение инновационных технологий является одним из источников повышения технологического уровня производств СГ. Для снижения рисков финансовых издержек и графиков реализации, отрасль должна внедрять эффективные решения, современные достижения в области технологий и новые подходы к выполнению проектов подготовки газа – повышать эффективность удаления ртути, кислых газов, воды и тяжелых углеводородов (рисунок 4).

Внедрение таких решений в виде модульных установок обеспечит быстрый и упрощенный монтаж на любой площадке без дополнительных дорогих строительно-монтажных работ, что приведет к сокращению графиков реализации и перерасхода средств.

Инновация в технологическом процессе	Преимущества	Эффектообразующий фактор	Экономический эффект
Адсорбенты для удаления ртути	Нерегенерируемый адсорбент или слой регенерируемого адсорбента в адсорбере осушки; использование адсорбентов с большой емкостью; меньший размер адсорбера и более низкая стоимость	Гибкость работы; меньшее количество загрузки	Снижение металлоемкости; экономия энергии

Адсорберы для осушки	Использование адсорбентов с большей емкостью; более длительное время адсорбции; меньшее количество циклов, более длительный срок службы; меньший размер адсорбера и более низкая стоимость	Меньшее количество загрузки	Снижение металлоемкости; экономия энергии
Адсорбционное удаление тяжелых углеводородов	Удаление тяжелых углеводородов особенно эффективно при постоянном составе сырьевого газа; высокая избирательность по C ₅ позволят углеводородам C ₄ повышать калорийность СПГ; низкий перепад давления	Простота управления; надежность	Отсутствие дожимного компрессора; более низкие эксплуатационные затраты; не требуется абсорбент
Блочно-модульное исполнение	Гибкая доставка, быстрый и простой монтаж; фиксированная цена; типизированное решение, наращивание мощностей поэтапно в зависимости от спроса	Сокращение временных и стоимостных рисков; качество поставки; точный график	Меньше проектных и трудовых затрат; гибкое управление денежными потоками; возможность быстрой замены и возврата

Рисунок 4 – современные блоки очистки и характеристики [13]

Advancement	Benefit mechanism	Execution	CAPEX/OPEX
Adsorbents for mercury removal	– Choice of non-regenerable guard bed (GB) or regenerable HgSIV layered in the dryer unit – New GB-567 has up to three times the capacity of standard GB-562 – Smaller vessels equal lower cost	– Flexible solutions – Fewer reloads	– Less steel – Less energy
Absorbent for dehydration	– New UI-900 has 10 % more capacity – Longer adsorption time fewer cycles, longer life – Smaller vessels equal lower cost	– Fewer reloads	– Less steel – Less energy
TSA process for HHC removal	– Excellent removal of HHCs, especially for lean feed gas, reduces risk – Highly selective of C ₅ , while letting C ₄ pass to raise Btu value of LNG – Very little pressure drop; cooling only required for regen gas	– Simple operation – Reliability	– No booster compressor – Much lower utilities – No NGL imports
Automation integrated with the pretreatment process knowledge	– Eliminate interface engineering between units – Takes automation off the critical path – Process expertise and knowledge embedded in automation package	– Reduced time, cost and risk – Less rework/delays – Flawless start-up	– Less energy – More product

Modular equipment delivery	– Skid-mounted, truckable delivery, fast/easy installation – Firm, fixed pricing – Repeatable design, expand plant capacity in stages with demand	– Reduced time, cost and risk – Superior quality – Predictable schedule	– Less engineering and labour and overruns – Cash flow management – Faster returns
----------------------------	---	---	--

Рисунок 5 – характеристики адсорбентов GB-567, GB-562HP [14]

Таблица 1 – Состав сырья ГФУ (% масс.)

Показатель	ГФУ предельных газов			ГФУ непредельных газов		
	Газ АВТ	Головка АВТ	Головка КР	Газ ТК	Газ УЗК	Газ КК
CH ₄ + H ₂	1,0	-	-	16,0	3,2	11,0
C ₂ H ₄	-	-	-	2,5	4,6	6,0
C ₂ H ₆	4,0	0,6	3,0	16,0	13,8	8,0
C ₃ H ₆	-	-	-	9,0	6,0	22,0
C ₃ H ₈	40,0	22,2	55,0	20,6	20,8	12,8
изо-C ₄ H ₈	-	-	-	4,5	0,2	6,0
н-C ₄ H ₈	-	-	-	9,8	3,9	13,8
изо-C ₄ H ₁₀	10,0	12,0	19,7	5,0	3,0	13,0
н-C ₄ H ₁₀	23,0	40,2	20,0	14,0	9,5	4,8
C ₅ и выше	22,0	25,0	2,3	2,6	6,2	2,6

Таблица 2 – Материальный баланс установок [15]

Наименование	I	II
Поступило:		
Газ и головка стабилизации АТ и АВТ	72,5	-
Головка стабилизации КР	27,5	-
Головка стабилизации ТК	-	25,5
Газ и головка стабилизации УЗК	-	28,5
Газ и головка стабилизации КК	-	46,0
Итого:	100,0	100,0
Получено:		
Сухой газ	4,8	30,5
Пропановая фракция	24,5	-
Пропан-пропиленовая фракция	-	25,5
Изобутановая фракция	14,6	-
Бутановая фракция	36,8	-
Бутан-бутиленовая фракция	-	37,5
Фракция C ₅ и выше	19,3	6,5
Итого:	100,0	100,0

ВЫВОДЫ

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что в настоящий момент наблюдается тенденция к переходу к новым видам очистки олефинов на основе новых разработанных реагентов.

Однако есть вопросы по практическому применению новых реагентов, позволяющих повысить эффективность очистки мономера.

Изучение современных инновационных методов и технологий, показало, что адсорбционный метод очистки пропиленом является наиболее эффективным и менее энергозатратным.

В сравнении с существующей на «ТОО Компания Нефтехим LTD» методом очистки пропиленом, были проанализированы реагенты, объемы перерабатываемого сырья и объемы производимой продукции. В ходе подбора реагентов проявлен интерес к следующим компаниям-производителям как: M-ISWACO, BASF, CB&I.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Голубева, И. А.** Производство сжиженного природного газа: вчера, сегодня, завтра / И. В. Мещерин, Е. П. Дубровина // Мир нефтепродуктов. – № 6. – 2016. – С. 4–13.

2 **Мещерин, И. В.** Анализ технологий получения сжиженного природного газа в условиях арктического климата / А. Н. Настин // Труды РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. – № 3. – 2016. – С. 144–157.

3 «Газпром» собрался самостоятельно создать генподрядчика для проектов СПГ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rbc.ru/business/30/05/2017/592855609a7947107580809f> (дата обращения 12.06.2017).

4 **Мещерин, И. В.** Оптимизация технологий сжижения природного газа с целью повышения экономической эффективности процесса // Территория «НЕФТЕГАЗ». – № 3, 2016. – С. 146–152.

5 **Кондратенко, А. Д.** Разработка технологии подготовки природного газа для малотоннажного производства СПГ / Ф. Г. Жагфаров // Сборник трудов 71-й Международной молодежной научной конференции «Нефть и газ-2017», – М.: – Т. 2. – С. 176–181.

6 **Трифорова, И. Н.** Определение емкости цеолитов для глубокой очистки газа перед сжижением / А. М. Козлов // Тезисы докладов Юбилейной десятой всероссийской конференции «Новые технологии в газовой промышленности», – М., 2013. – С. 151.

7 **Smith, T.** Pretreatment improvements 11LNG Industry / R.Palla– Nq 12, 2016. – С. 33–37.

8 **Федорова, Е. Б.** Особенности подготовки природного газа при производстве СПГ / В. Б. Мельников // Труды РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2015. – С. 100–114.

9 **Арутюнов, В. С.** Концепция малотоннажной газохимии в освоении ресурсов российского природного газа // NEFTEGAZ. RU. – № 4. – 2015. – С. 36–43.

10 **Кондратенко, А. Д.** Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа / А. Б. Карпов, А. М. Козлов и др. // НефтеГазоХимия. – № 4. – 2016. – С. 31–36.

11 **Куренков, В. Ф.** Химия и физика высокомолекулярных соединений: учебное пособие для вузов / 3-е изд., перераб. и доп. – Казань : Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие», 2009. – 292 с.

12 Полипропилен: основные свойства, область применения // <https://plastinfo.ru/information/articles/52>.

13 «Технологии нефти и газа» – № 6, 2017. – 17 с.

14 [Электронный ресурс]. – <https://www.uop.com/wp-content/uploads/2017/03/Pre-treatment-LNG-Industry-Article.pdf>.

15 [Электронный ресурс]. – <http://chemtech.ru/opyt-pererabotki-frakcij-s2-i-s3-ot-ustanovok-kataliticheskogo-krekinga-na-ustanovke-poluchenija-jetilena-i-propilena-2/>.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Н. К. Бейсембаев¹, К. Х. Жапаргазинова²

«Компания НЕФТЕХИМ LTD» ЖШС-ң мономерді майда тазарту блогын модернизациялау

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

N. K. Beisembayev¹, K. H. Zhapargazina²

Modernization of «Company Neftekhim LTD» LP's monomer fine cleaning unit

^{1,2}Faculty of Chemical Technology and Natural Sciences,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Бұл мақалада пропиленді майда тазарту блогының модернизациялау өзектілігі қарастырылады. Олефиндерді тазарту бойынша реагенттердің әлемдік нарығына талдау жүргізілді, көмірсутектерді тазарту әдістері және олардың тиімділігі салыстырылды. Бұдан басқа, осы әдістерді пайдаланудағы қоршаған ортаға, экологияға деген әсеріне назар аударылады.

Зерттеу объектілері: «Компания Нефтехим LTD» ЖШС-ң полипропилен өндірісінің мономерді майда тазарту блогы. Мономерді майда тазарту қондырғысын модернизациялауға жұмсалатын шығындарды төмендету үшін жабдықтардың орналасуын сәл өзгертіп, бар жабдықты пайдалану ұсынылады.

Мақалада пропиленді тазартудың заманауи инновациялық әдістері зерттеледі және сол әдістерді, полипропилен өндірісінің тиімді және қауіпсіз жұмысы үшін, пропиленді майда тазарту блогында қолдану талқыланады. Қойылған мақсат – жаңғырту процесін іске асыру кезінде жобаны енгізу, монтаж жұмыстарын және эксплуатацияны минималды шығындарымен жүзеге асыру.

This article explores the relevance of upgrading the propylene fine cleaning unit. The analysis of the world market of olefins purification reagents has been carried out, the methods of purification of hydrocarbons and their effectiveness are compared. Along with this, attention is paid to the environmental friendliness of using these methods and the environmental friendliness of the final product.

Objects of study: monomer fine cleaning unit of polypropylene production at LP «Company Neftekhim LTD». To reduce the cost of upgrading the monomer fine purification unit, it was proposed to use the existing equipment with a slight adjustment of the equipment layout.

The article discusses the need to study modern innovative methods for the cleaning of propylene and the further application of methods for the efficient and safe operation of both the fine monomer cleaning unit and the entire polypropylene production as a whole. The task is to carry out the modernization process with minimal costs for implementation, installation and operation.

А. К. Бекенов¹, Ш. М. Шупеева²

¹магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистр, ст. преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ²sholpan_shupееva@mail.ru

ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИЯ ЖИЛОГО ФОНДА КАК ОДИН ИЗ ИНСТРУМЕНТОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В статье раскрывается сущность термомодернизации как одного из инструментов энергосбережения и повышения энергоэффективности в жилищно-коммунальной сфере. Рассматриваются основные этапы проведения термомодернизации жилищного фонда. Также указываются причины возникновения тепловых потерь в жилых домах, устранение которых позволит создать комфортные условия для проживания людей и решить задачу рационального использования энергоресурсов. Применение новых теплоизоляционных строительных материалов повысит надежность, долговечность и эффективность эксплуатации зданий и сооружений.

Ключевые слова: Энергосбережение, энергоэффективность, термомодернизация, тепловые потери.

ВВЕДЕНИЕ

С ростом экономики страны потребление энергетических ресурсов обычно растет в таком же темпе, как и внутреннего валового продукта (далее ВВП) экономики, так как экономический рост сопровождается увеличением производства продукции, потребления ресурсов. В каждом из данных сегментов происходит увеличение роста потребления всех видов энергетических ресурсов (уголь, газ, бензин, электроэнергия, теплоэнергия и другие). Кроме того, с ростом населения и благосостояния населения потребление энергетических ресурсов увеличивается быстрыми темпами.

В связи с этим, необходимо использовать энергосбережение и повышение энергоэффективности не только для энергетической и экологической безопасности, но и в качестве инструмента модернизации промышленности (модернизация производств, внедрение технологий, инноваций), жилищно-коммунального сектора (термомодернизация жилищного фонда, реконструкция и модернизация инженерно-коммуникационной инфраструктуры), транспортного сектора (модернизация транспортной инфраструктуры, ограничение рынка от устаревших и неэффективных видов транспорта, стимулирование населения к покупке экономичных автомобилей) [1].

В Послании Президента Республики Казахстан народу Казахстана от 29 января 2010 года «Новое десятилетие – новый экономический подъем – новые возможности Казахстана» и Государственной программе по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010–2014 годы определены задачи по устойчивому и сбалансированному росту экономики. В области энергосбережения поставлена задача по снижению энергоемкости внутреннего валового продукта не менее чем на 10 % к 2015 году и 25 % к 2020 году [2].

В рамках реализации данной программы Президентом был подписан Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» от 13.01.2012 г., а также была утверждена Правительством Казахстана 29.08.2013 г. Программа «Энергосбережение-2020». Ключевой целью принятой программы является создание условий для снижения энергоемкости ВВП Республики Казахстан и повышение энергоэффективности путем уменьшения энергопотребления и сокращения неэффективного использования топливно-энергетических ресурсов.

В Казахстане жилищно-коммунальный сектор является потребителем около 30 % всех энергоресурсов республики, при этом их потери очень велики. В связи с этим правительством РК была принята «Программа модернизации жилищно-коммунального хозяйства до 2020 года», одной из ключевых задач которой является повышение энергоэффективности в сфере жилищного и коммунального хозяйства [3].

Программой предусмотрены меры по модернизации сетей теплоснабжения, в том числе путем внедрения новых технологий и материалов, предизолированных труб, бестраншейной прокладки трубопроводов, автоматизированных тепловых пунктов, установки приборов учета.

В соответствии с Программой, экономия теплоэнергии в многоквартирных жилых домах и социальных объектах достигается проведением комплекса работ по их термомодернизации.

Для успешной реализации планов по термомодернизации необходимо улучшение состояния жилищного фонда.

Поэтому отдельным разделом Программы предусматриваются меры, направленные на обеспечение надлежащего содержания многоквартирных домов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Термомодернизация или тепловая модернизация – это совокупность мероприятий, которые увеличивают энергоэффективность здания: от проведения энергоаудита до модернизации инженерных систем и утепления.

Мировой опыт успешного решения проблем энергосбережения и повышения энергоэффективности свидетельствует о том, что только путем полной термомодернизации существующего жилого фонда можно достигнуть значительных результатов и существенно сократить энергопотребление в жилищно-коммунальной сфере. Особенно показателен опыт Польши, которая, имея жилой фонд в таком же состоянии, как мы сегодня, за 10 лет за счет термомодернизации смогла привести его по энергопотреблению к уровню наиболее энергоэффективных стран Европы.

Полная термомодернизация включает необходимость выполнения целого комплекса работ по утеплению ограждающих строительных конструкций и совершенствованию внутридомовых систем инженерного обеспечения.

Термомодернизацию многоквартирного или частного дома обязательно осуществляют в несколько этапов. Сначала чтобы определить комплекс необходимых работ, проводят профессиональный энергоаудит дома. Как правило, необходимым условием успешной термомодернизации является модернизация системы отопления с использованием регулировочного оборудования (индивидуальный тепловой пункт (ИТП), балансировочные клапаны, радиаторные терморегуляторы). Утеплять фасад дома следует только в комплексе с модернизацией системы отопления. Само лишь утепление, особенно утепление отдельных квартир на определенный период улучшает температурный режим в квартире, но имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, вложенные затраты (довольно значительные) никак не отразятся на размере платы за отопление – она останется прежней. Во-вторых, такое утепление нарушает температурно-влажностный режим наружных стен (вы утеплили, а соседи нет), что приведет к образованию микротрещин, переувлажнению конструкции, появлению грибка и плесени, и в конечном итоге даже к разрушению конструкций. Если утеплять, то весь дом. Обычно, при тепловой модернизации также улучшают системы электроснабжения и горячего водоснабжения.

Основные этапы термомодернизации включают в себя:

– ограничение теплопотерь здания: утепление стен, полов, крыш здания, устранение существующих мостиков холода, замена старых окон на более современные;

– модернизация источника тепла: система автоматической погодной регулировки, новые котлы, новые теплообменники;

– модернизация обогревающего оборудования: выполнение предварительных регулировок, установка термостатических вентилей и т.д.

– ввод индивидуального учета потребления тепла.

Каждый этап требует отдельного и внимательного подхода, применения самого выгодного решения с экономической и технической стороны. Термомодернизация требует применения новейшего отопительного оборудования, применения возобновляемых источников энергии, контроль за количеством потребляемого тепла. Применение новейших технологических решений, более производительного и экологичного оборудования это хорошо, но требует значительных капитальных вложений, что в нашей стране пока проблематично. Что и заставляет обратить внимание на сохранение того тепла, которое уже существует в наших домах.

При утеплении фасадов и стен здания можно добиться меньших теплопотерь примерно на 35 %, что позволит сохранять тепло в здании более долгий промежуток времени, соответственно это и приведет к меньшим энергозатратам в общем. Также общая температура в здании поднимется на 3-4 градуса зимой, что позволит намного комфортнее чувствовать себя в помещении. Является важным и то, что применение эффективного утеплителя позволяет значительно уменьшать массивные конструкции применяемые в строительстве за счет толщины стен. Согласно требованиям нынешних нормативных документов сопротивление теплопередаче наружных стен должно быть не менее 2–2,2 м²·°С. Если при таких требованиях выполнять стену из кирпича, то в первой климатической зоне она должна составлять 1,2 м. Разумеется, такую конструкцию нельзя считать оправданной и в первую очередь по экономическим соображениям. Поэтому более, выгодно будет создать несущую конструкцию (кирпич, бетон и т.д.), а для достижения необходимого значения сопротивления теплопередаче стен использовать различные современные высокоэффективные теплоизоляционные материалы [4].

Следует подчеркнуть, что только выполнением мероприятий по утеплению ограждающих строительных конструкций невозможно повысить энергоэффективность здания и сократить расходы на его отопление. Достигается это лишь при параллельном выполнении работ по модернизации внутридомовых инженерных систем. Это касается

всех систем: электроснабжения, горячего и холодного водоснабжения, вентиляции, теплоснабжения.

Прежде всего, необходимо модернизировать тепловые вводы в здания путем установки индивидуальных тепловых пунктов с погодным регулированием и организацией узла учета потребляемой тепловой энергии. Это позволит приблизить теплоснабжение здания к конкретным погодным условиям – в холодный период потребляется больше энергии, и более теплый – меньше. Более того реализация этого мероприятия отражается на фактической оплате за потребленное тепло каждым потребителем.

Следующим шагом должно стать автоматическая балансировка стояков системы отопления. Большинство внутридомовых систем отопления существующих многоэтажных зданий имеют верхнюю или нижнюю разводку стояков. Те, что ближе расположены к тепловому вводу, получают теплоноситель с более высокими параметрами, чем удаленные. Отсюда перегрев в отдельных квартирах и недогрев в других. Ликвидировать это можно путем установки балансировочных клапанов на отопительные стояки, которые позволят подать теплоноситель с одинаковыми параметрами ко всем стоякам системы и обеспечить одинаковые температурные условия для всех квартир дома.

И заключительным этапом термомодернизации должна стать организация поквартирного учета и регулирования потребленной тепловой энергии. Пожалуй, это самый сложный, но и самый необходимый этап термомодернизации. При этом организация регулирования теплоснабжения осуществляется за счет установки на каждом отопительном приборе радиаторных терморегуляторов, позволяющих поддерживать в каждом помещении заданный уровень теплового комфорта (нужный температурный режим). Организация поквартирного учета зависит от способа подачи тепловой энергии в квартиру. Если тепло подается по единому квартирному вводу (в существующих жилых домах это встречается крайне редко), то на нем устанавливается теплосчетчик. Если же тепло подается по стоякам на каждый отопительный прибор, а это характерно практически для всего существующего жилья, то здесь есть два варианта. Можно установить теплосчетчики на каждом отопительном приборе, что очень дорого, либо применить более простое решение – установить на каждом радиаторе специальные приборы т.н. учетчики потребленной тепловой энергии. Это недорогие приборы, оборудованные системой дистанционного считывания, позволяют определить реальное потребление тепла каждой квартирой, для чего существуют специальные программные комплексы. Такие системы применяются в большинстве стран Европы и показали свою высокую эффективность. Главным достоинством поквартирного учета

и регулирования является то, что каждый потребитель может влиять на количество потребляемой им тепловой энергии и оплачивать ее реальное потребление.

Как показывает опыт применение индивидуальных тепловых пунктов с погодным регулированием и организацией общедомового учета потребленной тепловой энергии позволяет добиться ее экономии порядка 30 %. При этом все потребители тепла ощущают положительное влияние погодного регулирования при оплате за отопление, т.к. ее размер зависит от погодных условий (температуры наружного воздуха) на протяжении всего отопительного периода.

Если в дополнение к этому проведена балансировка внутридомовой системы отопления и выполнено утепление ограждающих конструкций, то результаты экономии могут достигать 50 % за счет сокращения подачи тепловой энергии в утепленное здание.

При полной термомодернизации, включающей организацию поквартирного учета и регулирования, экономия тепловой энергии может составлять 60 % и более [5].

ВЫВОДЫ

Если говорить о традиционных способах энергосбережения, под которыми понимается реализация технических и научных мер, направленных на рациональное использование и экономное расходование топливно-энергетических ресурсов, то первым шагом является снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции строительных сооружений, которые составляют до 30 % общих энергопотерь.

Из всего количества энергии, расходуемой на отопление, значительная часть составляют теплотери через окна. Из зданий различного назначения относительно меньше потери тепла приходится на окна жилых зданий, что объясняется их меньшей площадью остекления, чем в общественных и промышленных зданиях. Анализом типовых проектов, теплотехническими расчетами и расчетами отопления и вентиляции установлено, что световые проёмы занимают 26 % площади наружных ограждений, а теплотери через них составляют 30–60 % от общих теплотерь, из которых около половины приходится на теплотери вследствие теплопередачи [6].

Эффективным способом повышения теплозащитных качеств заполнения световых проемов является повышение числа слоев остекления, а, значить, и количества воздушных прослоек.

Уменьшение потерь тепла через окна с одновременным улучшением комфортных условий может быть достигнуто следующими конструктивными мероприятиями:

– устройство теплозащитных экранов, выполненных из высокоэффективных теплоизоляционных материалов с незначительной воздухопроницаемостью, устанавливаемые в ночное время, позволяет повысить теплотехнические качества на 50 %;

– движение теплого воздуха в межстекольном пространстве от отопительных приборов, поступающего через щели в оконной коробке;

– снижение воздухопроницаемости заполнения световых проемов устройством пенополиуретановых прокладок. Улучшение температурного режима при этом происходит вследствие повышения температуры на поверхности остекления [6].

Одним из путей снижения тепловых потерь лежит в повышении термического сопротивления ограждающих конструкций с помощью эффективных теплоизоляционных строительных материалов.

Сегодня в строительстве применяется множество новых теплоизоляционных материалов. Их особенностью является высокая пористость и низкая теплопроводность.

Основные функции тепловой изоляции:

- создание комфортных условий для проживания людей в жилых домах;
- снижение тепловых потерь в окружающую среду.

Благодаря изоляции значительно повышаются надежность, долговечность и эффективность эксплуатаций зданий и сооружений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Глеппаев, А. М., Товма, Н. А.** Энергосбережение и энергоаудит // Международный экономический форум – Астана, 2015.

2 Программа «Энергосбережение-2020» – Постановление Правительства Республики Казахстан от 29 августа 2013 года № 904.

3 «Программа модернизации жилищно-коммунального хозяйства до 2020 года» утверждена Постановлением Правительства Республики Казахстан от 30 апреля 2011 года № 473.

4 [Электронный ресурс]. – <http://kolekt-stroy.zakupka.com/articles/3984-termomodernizaciya-zdaniy-teploizolyaciya-zdaniy/>.

5 [Электронный ресурс]. – <http://profidom.com.ua/mnenija/blogi/7703-polnaja-termomodernizacija-doma--luchshij-metod-energoberezeniija>.

6 **Чернов, В. А., Масьянова, А. М.** Мероприятия по снижению теплотерь через ограждения и по экономии энергии на эксплуатацию зданий // Молодой ученый. – 2015. – № 5. – С. 196–199.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

А. К. Бекенов¹, Ш. М. Шупеева²

Тұрғын үй қорының тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығында құралдарының бірі ретінде термомодернизация энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

A. K. Bekenov¹, Sh. M. Shupeyeva²

Thermomodernization of housing stock as one of instruments of energy saving and increase in energy efficiency in housing and communal services

^{1,2}Faculty of Energy Engineering,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру құралдарының бірі ретінде үй-коммуналдық саладағы термомодернизация бапта мәні ашылады. Тұрғын үй қорының термомодернизация жүргізудің негізгі кезеңдері қаралады. Тұрғын үйлерде тұру үшін қолайлы жағдайлар жасауға мүмкіндік береді, олардың пайда болу себептерін де көрсетіледі жылу шығындарының жоюға адамдар мен есеп шығару энергия қорларын тиімді қолдану. Жылу оқшаулау сенімділігі мен тиімділігін арттырады, ғимараттар мен құрылыстарды пайдалану төзімділігі жаңа құрылыс материалдарын қолдану.

In the article the thermouprgrade entity as one of instruments of energy saving and increase in energy efficiency in the housing-and-municipal sphere is revealed. The main stages of carrying out the thermouprgrade of housing stock are considered. Also, origins of thermal losses are specified in houses which elimination will allow to create comfortable conditions for accommodation of people and to solve a problem of rational use of energy resources. Use of new heat-insulating construction materials will increase reliability, durability and efficiency of operation of buildings and constructions.

М. А. Бекенова¹, Г. А. Еселханова², А. Д. Кантарбаева³

¹ст. науч. сотрудник, Лаборатория аттестации производственных объектов и разработки профессиональных стандартов, Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²к.б.н., ученый секретарь, Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³науч. сотрудник, Лаборатория аттестации производственных объектов и разработки профессиональных стандартов, Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан, г. Астана, 010000, Республика Казахстан

e-mail: ¹bekenova.m@rniiot.kz; ²us@rniiot.kz; ³nauka@rniiot.kz

**ОСОБЕННОСТИ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН**

В статье рассматриваются особенности обрабатывающей промышленности Республики Казахстан, проблемы безопасности и охраны труда, условий труда работников. Для улучшения условий труда работников данной отрасли необходимы превентивные меры, способствующие снижению риска производственного травматизма, повышению результативности и эффективности деятельности предприятий.

Ключевые слова: обрабатывающая промышленность, производственный травматизм, профессиональное заболевание, условия труда.

ВВЕДЕНИЕ

Обрабатывающая промышленность в Республике Казахстан является одним из перспективных и важных отраслей экономики, где создаются новые технологии, способствующие росту других отраслей экономики. Характерной особенностью обрабатывающей промышленности Республики Казахстан является ее полная обеспеченность местным сырьем и топливом. Казахстан располагает значительными запасами угля, нефти, цветных и черных металлов, химического сырья и строительных материалов,

необходимых для развития тяжелой промышленности, а также сырьем для легкой и пищевой промышленности [1].

На сегодняшний день доля обрабатывающей промышленности в ВВП составила 12 %, а в целом в экономике – 30 % [2].

Обрабатывающая промышленность как вид экономической деятельности охватывает широкий спектр производственных процессов: производство продуктов питания, производство текстильных изделий, производство деревянных и пробковых изделий, производство кокса и продуктов нефтепереработки, производство продуктов химической промышленности, производство основных фармацевтических продуктов и препаратов, производство прочей не металлической минеральной продукции, металлургической промышленности, а также производство прочих транспортных средств, машин и оборудования и т.д.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В 2017 году в Республике Казахстан в обрабатывающей промышленности зарегистрировано порядка 22 тысячи организаций различных форм собственности [3]. По данным Комитета статистики Министерства национальной экономики Республики Казахстан в течении последних 5 лет (2012-2016 гг.) численность занятых в обрабатывающей промышленности увеличилась с 543,5 тыс. до 568,2 тыс. человек (на 4,5 %) и по итогам третьего квартала 2017 года составила 573,1 тыс. человек [4], из них 15,6 % приходится на Карагандинскую область, 10,7 % на город Алматы, 10,4 % на Павлодарскую область и 9,4 % на Алматинскую область [3].

По данным некоторых авторов на предприятиях обрабатывающей промышленности страны имеет место высокая степень износа оборудования, низкая загруженность мощностей [5], что приводит к низкой производительности труда, поэтому предприятия нуждаются в финансовом оздоровлении.

Большой спектр разнообразия специфики отрасли способствует высокому риску травмирования работников. Официальные данные о производственном травматизме в разрезе отраслей экономики РК показало, что наибольшее количество несчастных случаев на производстве приходится на предприятия обрабатывающей промышленности.

Так, по данным Комитета труда, социальной защиты и миграции Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан за период с 2012 по 2016 годы в обрабатывающей промышленности произошло 2297 несчастных случаев, из них 769 приходится на групповые несчастные случаи, хотя, производственный травматизм за исследуемый период снизился на 22,4 %, а групповые несчастные случаи за тот же период

сократились на 52,7 %. Наряду с этим, показатели несчастных случаев со смертельным исходом в 2016 году регрессируют (32 чел.) по сравнению с 2012 годом (40 чел.) (рисунок 1).

Наибольшая численность пострадавших в обрабатывающей промышленности в региональном разрезе приходится на Карагандинскую (19,4 %), Восточно-Казахстанскую (13,4 %), Павлодарскую (8,7 %) области и г. Алматы (8,6 %).

В 2016 году большинство случаев травмирования регистрируются из-за падения с высоты – 233 случая; воздействия движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов и деталей – 294 случая; дорожно-транспортных происшествий – 255 случаев; обрушения, обвалов, падения предметов, материалов, земли и т.д. – 152 случая.

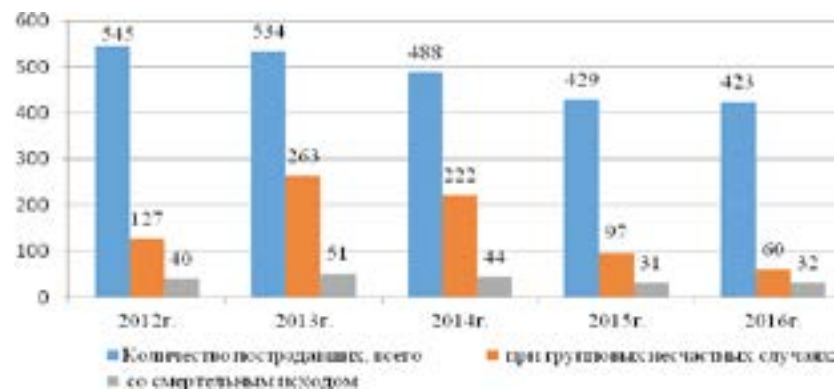


Рисунок 1 – Анализ производственного травматизма в обрабатывающей промышленности с 2012 по 2016 гг.

Наиболее характерными причинами несчастных случаев в обрабатывающей промышленности выделяется неудовлетворительная организация производства работ. Эта причина производственного травматизма выражается, прежде всего, в нерациональной организации рабочего места, отсутствии частичного или полного ограждения опасной зоны, защитных козырьков и навесов над проходами и проездами, предупредительных надписей, запрета входа в опасную зону и т.д. Это все указывает на низкий уровень культуры охраны труда и непонимание важности создания безопасных условий труда на рабочих местах со стороны организаторов производства работ.

Однако, нередко встречаются несчастные случаи на производстве, виновником которых является сам потерпевший, так как работник в трудовом

процессе допускает неправильные действия (неточные, ошибочные, несвоевременные), опрометчивые поступки и т.д., создавая опасную ситуацию.

Несмотря на снижения показателей производственного травматизма за последние годы, данная проблема не утратила своей остроты. В этой связи, законодательством РК особо выделена задача по снижению уровня травматизма от несчастных случаев на производстве за счет реализации комплекса превентивных мер, направленных на сохранение здоровья работающего населения республики [6–8].

По сравнению с другими секторами экономики республики именно предприятия обрабатывающей промышленности наиболее активно проводят модернизацию и обновление оборудования и техники на своих объектах.

Несмотря на это, основными опасными и вредными производственными факторами в обрабатывающей промышленности являются физические и химические воздействия. Работники, занятые в обрабатывающей отрасли, подвергаются неблагоприятному воздействию пыли, газов и паров, что приводит к риску развития профессиональных заболеваний (пневмокониозов, бронхиальную астму, термический ожог глаз, кожного покрова серной кислотой заболеваний опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, интоксикаций, опухоли на коже).

В 2012–2016 гг. в Республике Казахстан было зарегистрировано 2099 больных с первично установленным диагнозом профессионального заболевания. В 2016 году данный показатель составил 219 человек, уменьшившись на 58,0 % по сравнению с 2012 годом (521 человек).

ВЫВОДЫ

Таким образом, в Республике Казахстан активно развивается обрабатывающая промышленность, в связи с этим необходимы меры по улучшению условий труда работников, минимизации профессиональных рисков и производственного травматизма. Создание комфортных условий труда для каждого работника в дальнейшем будет способствовать снижению риска производственного травматизма, повышению результативности и эффективности деятельности предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Обрабатывающая промышленность в Казахстане. [Электронный ресурс]. – <http://www.kazportal.kz>.

2 Промышленность Казахстана. [Электронный ресурс]. – <https://ru.wikipedia.org>.

3 Комитет по статистике МНЭ РК. [Электронный ресурс]. – <http://stat.gov.kz>.

4 Комитет индустриального развития и промышленной безопасности МИР РК [Электронный ресурс]. – <http://comprom.mid.gov.kz>.

5 Проблемы и перспективы обрабатывающей промышленности РК [Электронный ресурс]. – <http://be.kaznu.kz>.

6 Закон Республики Казахстан от 27 июня 2014 года № 211-V «О профессиональных союзах». Сайт «Параграф». [Электронный ресурс]. – <http://online.zakon.kz>.

7 Закон Республики Казахстан от 25 апреля 2003 г. № 405-II «Об обязательном социальном страховании». / Сайт «Параграф». [Электронный ресурс]. – <http://online.zakon.kz>.

8 Закон Республики Казахстан от 6 января 2011 г. № 377-IV «О государственном контроле и надзоре в Республике Казахстан». / Сайт «Параграф». [Электронный ресурс]. – <http://online.zakon.kz>.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

М. Ә. Бекенова¹, Г. Ә. Еселханова², А. Д. Қаңтарбаева³

Қазақстан Республикасында өңдеу өнеркәсібі ерекшеліктері

^{1,2,3}Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 19.12.18 баспаға түсті.

M. A. Bekenova¹, G. A. Eselhanova², A. D. Kantarbaeva³

The features of the processing industry in the Republic of Kazakhstan

^{1,2,3}Republican Scientific Research Institute on Occupational Health and Safety with the Ministry of Labor and Social Protection of Population of the Republic of Kazakhstan, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Мақалада Қазақстан Республикасындағы өңдеу өнеркәсібінің ерекшеліктері, жұмыскерлердің еңбек жағдайлары, еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау мәселелері қарастырылған. Бұл саланың жұмыскерлерінің жағдайын жақсарту үшін өндірістік жарақаттанудың тәуекелдерің төмендеуіне, кәсіпорындардың нәтижелілігін және тиімділігін арттыруға ықпал ететін алдын алу шаралары қажет.

In the article the features of processing industry of the Republic of Kazakhstan, problems of safety and labor protection, labor conditions of workers are considered. To improve the working conditions of workers in this industry, preventive measures are needed to reduce the risk of occupational injuries, increase the efficiency and effectiveness of enterprises.

**Ю. Ф. Булатбаева¹, Ф. Н. Булатбаев²,
У. К. Искаков³, Д. И. Швец⁴**

¹доктор PhD, и.о. доцента, Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

²к.т.н., декан, Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

³доктор PhD, ст. преподаватель, Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

⁴магистрант, Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан

e-mail: ¹Julia_my_angel@mail.ru

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ УГЛЕПЫЛЕПИТАТЕЛЕЙ КОТЛОАГРЕГАТА № 3 ТОПАРСКОЙ ГРЭС

В статье представлены расчеты электромеханических характеристик электроприводов угольных пылепитателей. На основе характеристик произведен выбор асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором АИР100L4. Также осуществлен подбор преобразователя частоты FR-A840-00126-2-60 для регулирования производительности электроприводов углепылепитателей. Сформирована функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода со скалярным управлением.

Ключевые слова: электромеханическая характеристика, электропривод, пылепитатель, преобразователь частоты, контроллер управления.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность настоящей работы определяется возрастающими потребностями современного производства тепловой и электрической энергии. В связи с физическим и моральным износом имеющегося

оборудования котлоагрегата № 3 Топарской ГРЭС, необходимо провести модернизацию существующего оборудования, для уменьшения потребления энергоресурсов при производстве единицы электрической и тепловой энергии, повышения маневренности ГРЭС. Существующее технологическое оборудование предприятий теплоэнергетики РК в последнее время подвергается коренной реконструкции с целью повышения его мощности и снижения энергопотребления. Это приводит во многих случаях к перегрузке пылеулавливающего оборудования и, как следствие, к повышенному выбросу угольной пыли. Применение ранее использовавшихся пылеприготовительных устройств становится малоэффективным, в связи, с чем возникает необходимость в их замене на более эффективные. Основные компоненты устройств пылеприготовления которые подлежат замене – это электропривод пылепитателей и контроллер управления. Расширение диапазона регулирования скоростей электроприводов пылепитателей, повысит точность регулирования и уменьшит разбежки скоростей пылепитателей, что повысит качество топочного процесса котлоагрегата, а при низких нагрузках повысит маневренные возможности энергоблоков ГРЭС.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для проведения расчетов характеристик электроприводов воспользуемся методикой Л. С. Удута [1].

1 Выбор приводного двигателя угольного питателя

Электропривод пылепитателя котлоагрегата работает в режиме S1 – продолжительная работа с постоянной нагрузкой. Поэтому электродвигатель для пылепитателя по мощности выбирается из условия работы механизма с максимальной производительностью.

Максимальная статическая мощность питателя:

$$P_{\text{стат}} = \frac{9,81 \cdot Q \cdot L \cdot K_1 \cdot K_2}{\eta_{\text{ред}}} = \frac{9,81 \cdot 233 \cdot 0,4 \cdot 1,4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}{0,8} = 2,4 \text{ кВт}, \quad (1)$$

где 9,81 м/с² – ускорение свободного падения; Q = 233 кг/с – максимальная производительность питателя; L = 0,4 м – горизонтальная проекция пути; K₁ = 1,4 – коэффициент сопротивления перемещению угольной пыли; K₂ = 1,5*10⁻³ – коэффициент, учитывающий потери в механизме.

Максимальная производительность питателя достигается при максимальной скорости вращения. Тогда приведенный к валу двигателя максимальный момент сопротивления нагрузки с учётом потерь в механизме и редукторе:

$$M_{с макс} = \frac{P_{с макс}}{\omega_{р макс}} = \frac{2400}{157} = 15,28 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2)$$

где $\omega_{р макс} = \frac{\pi \cdot n_{р макс}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/с},$

Возможны два варианта выбора электродвигателя:

1) на синхронную скорость вращения $n_0=1500$ об/мин с регулированием скорости выше синхронной за счет повышения частоты свыше 50 Гц;

2) на синхронную скорость вращения $n_0=3000$ об/мин с регулированием скорости вниз от основной за счет уменьшения частоты менее 50 Гц.

Для выбора конкретного варианта воспользуемся приведенными в [2] кривыми допустимого момента для двигателей серии АИР.

Исходя из вышеуказанного в соответствии с [2] электродвигатель для угольного пылепитателя в обоих вариантах необходимо подбирать по моменту для минимальной скорости $n_{мин}=1500$ об/мин. Тогда условия подбора электродвигателя по моменту и мощности в первом варианте в соответствии [2]:

$$M_{двн} \geq M_{с макс} \cdot \frac{100}{73} = 15,28 \cdot 1,37 = 20,93 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_{двн} \geq M_{двн} \cdot \omega_0 = 20,93 \cdot 157 = 3286,1 \text{ Вт},$$

а во втором варианте в соответствии с [4]:

$$M_{двн} \geq M_{с макс} \cdot \frac{100}{51} = 15,28 \cdot 1,96 = 29,94 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_{двн} \geq M_{двн} \cdot \omega_0 = 29,94 \cdot 314 = 9401,2 \text{ Вт}.$$

Анализ полученных результатов доказывает целесообразность применения первого варианта выбора электродвигателя двигателя с синхронной скоростью $n_0 = 1500$ об/мин. Выбираем электродвигатель типа АИР100L4 [3].

Расчетные параметры электродвигателя

Синхронная угловая частота вращения двигателя:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/с}.$$

Номинальная частота вращения двигателя:

$$n_n = (1 - s_n) \cdot n_0 = (1 - 0,03) \cdot 1500 = 1455 \text{ об/мин}$$

или

$$\omega_n = (1 - s_n) \cdot \omega_0 = (1 - 0,03) \cdot 157,07 = 152,35 \text{ рад/с}.$$

Номинальный ток двигателя:

$$I_{н} = \frac{P_n}{3 \cdot U_{лн} \cdot \cos \phi_n \cdot \eta_n} = \frac{2400}{3 \cdot 220 \cdot 0,84 \cdot 0,85} = 5,092 \text{ А}.$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\omega_n} = \frac{18,5 \cdot 10^3}{152,35} = 121,43 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2 Особенности выбора частотно-регулируемого приводов угольных пылепитателей

Руководствуясь требованиями [2] для асинхронного электропривода пылепитателей целесообразно использовать преобразователи серии FR-A (Mitsubishi Electric, Япония) и отечественные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором серии АИР. Эти преобразователи частоты и электродвигатели полностью отвечают заявленным условиям поставленной задачи в рамках данного проекта.

В электроприводе пылепитателей для останова технологической установки будет применяться тормозной метод самовыбега. Для воплощения данного метода не будет требоваться внедрение тормозных резисторов или иных устройств, поглощения избыточной энергии инерционной массы технологического механизма [2].

Управление частотным преобразователем производится по широко применяемой схеме: задание скорости осуществляется аналоговым сигналом, выбор режимов и контроль состояния частотного преобразователя выполняется дискретными сигналами. При применении вышеописанной схемы управления установка дополнительных опциональных устройств в цепи управления не потребуется [2].

Анализ технических требований предъявляемых к электроприводе угольного пылепитателя и показателей показывает, что достаточным является применение разомкнутой системы скалярного управления. Однако, учитывая необходимость обеспечения запаса по моменту не только в нижней, но и в верхней части диапазона регулирования скорости, окончательный выбор способа частотного управления асинхронным электродвигателем осуществляется по результатам расчетов механических и электромеханических характеристик системы «преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель» [2].

3 Выбор преобразователя частоты

В соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к электроприводе угольного пылепитателя выбираем преобразователь частоты FR-A840-00126-2-60 компании Mitsubishi Electric. Практическая эксплуатация таких преобразователей подтвердила их отличные технические, эксплуатационные и энергетические характеристики [2, 4, 5, 6].

Далее определим допустимый рабочий диапазон частот инвертора в системе «Преобразователь частоты – Асинхронный электродвигатель».

Максимальную частоту инвертора определяем из условия обеспечения максимальной рабочей скорости $\omega = \omega_{p, \max} = 198,95$ рад/с путем совместного решения уравнений для механических характеристик двигателя при значении фазного напряжения обмоток двигателя $U_1(f_1) = U_{1фн} = 220$ и нагрузки относительно частоты f_1 :

$$M_s = \frac{3 \cdot U_{1ф}^2(f_1) \cdot R_2'}{\left(\omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1н}} - \omega \right) \cdot \left[\left(X_m \cdot \frac{f_1}{f_{1н}} \right)^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{\omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1н}} - \omega} \cdot \omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1н}} \right)^2 \right]} \quad (3)$$

Требуемое значение максимальной частоты преобразователя:

$$f_{1 \max} = 64,66 \text{ Гц.}$$

Минимальную рабочую частоту инвертора определяем, решая уравнение

(3) при: $\omega = \omega_{p, \min} = 52,36$ рад/с

$$U_1(f_1) = U_{1фн} \cdot \frac{f_1}{f_{1н}} = 220 \cdot \frac{f_1}{50}$$

Значение минимальной частоты преобразователя в рабочем диапазоне регулирования скорости электродвигателя: $f_{1 \min} = 16,75$ Гц.

Для обеспечения минимально допустимой пусковой характеристики принимаем минимальную частоту инвертора: $f_{1 \min} = 5$ Гц.

4 Расчет механических и электромеханических характеристик системы преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель

Нагрузка электроприводов пылепитателей является постоянной по значению в технологическом цикле, поэтому регулирование скорости вниз от основной (номинальной) скорости двигателя ($n_0 = 1500$ об/мин) до минимальной рабочей скорости $n_{p, \min} = 500$ об/мин ($\omega_{p, \min} = 52,36$ рад/с) осуществляется при реализации закона управления $U_1/f_1 = \text{const}$. Вверх от основной скорости до максимальной скорости $n_{p, \max} = 1900$ об/мин ($\omega_{p, \max} = 198,95$ рад/с) регулирование осуществляется при постоянном значении напряжения $U_1 = \text{const}$ путем повышения частоты [1].

Механические характеристики двигателя $\omega(M)$ при переменных значениях частоты и напряжения питания рассчитываются по выражениям:

$$M(s, f_1) = \frac{3 \cdot U_{1ф}^2(f_1) \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1н}} \cdot s \cdot \left[X_m^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}} \right)^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_m \cdot \frac{f_1}{f_{1н}}} \right)^2 \right]} = \frac{3 \cdot U_{1ф}^2(f_1) \cdot 0,201}{\omega_0 \cdot \frac{f_1}{50} \cdot s \cdot \left[1,057^2 \cdot \left(\frac{f_1}{50} \right)^2 + \left(0,206 + \frac{0,201}{s} \right)^2 + \left(\frac{0,201 \cdot 0,206}{s \cdot 18,021 \cdot \frac{f_1}{50}} \right)^2 \right]} \quad (4)$$

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s),$$

где $U_1(f_1) = U_{1фн} \cdot \frac{f_1}{f_{1н}}$ при $f_1 < f_{1н}$; $U_1(f_1) = U_{1фн}$ при $f_1 \geq f_{1н}$.

По результатам расчета построено семейство механических характеристик $\omega(M)$ (рисунок 1). По результатам расчетов построено семейство электромеханических характеристик $\omega(I_1)$ (рисунок 2). На рисунке 2 дополнительно построена характеристика длительно допустимого тока двигателя $I_{дв, длит, доп}(\omega)$ (9).

Электромеханические характеристики двигателя $\omega(I_1)$ при переменных значениях частоты и напряжения питания рассчитываются по выражениям:

$$I_1(s, f_1) = \sqrt{I_0(f_1)^2 + I_2'(s, f_1)^2 + 2 \cdot I_0(f_1) \cdot I_2'(s, f_1) \cdot \sin \varphi_2(s, f_1)}; \quad (5)$$

$$I_2'(s, f_1) = \frac{U_{1\phi}(f_1)}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{кн}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu} \cdot f_{1н}}\right)^2}} = \frac{U_{1\phi}(f_1)}{\pm \sqrt{\left(0.206 + \frac{0.201}{s}\right)^2 + 1.057^2 \cdot \left(\frac{f_1}{50}\right)^2 + \left(\frac{0.206 \cdot 0.201}{s \cdot 18.021 \cdot \frac{f_1}{f_{1н}}}\right)^2}}; \quad (6)$$

$$\sin \varphi_2(s, f_1) = \frac{x_{кн} \cdot \frac{f_1}{f_{1н}}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + x_{кн}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)^2}} = \frac{1.057 \cdot \frac{f_1}{50}}{\sqrt{\left(0.206 + \frac{0.201}{s}\right)^2 + 1.057^2 \cdot \left(\frac{f_1}{50}\right)^2}}; \quad (7)$$

$$I_0(f_1) = \frac{U_{1\phi}(f_1)}{\sqrt{R_1^2 + (x_{1н} + x_{\mu})^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)^2}} = \frac{U_{1\phi}(f_1)}{\sqrt{0.206^2 + (0.444 + 18.021)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{50}\right)^2}}. \quad (8)$$

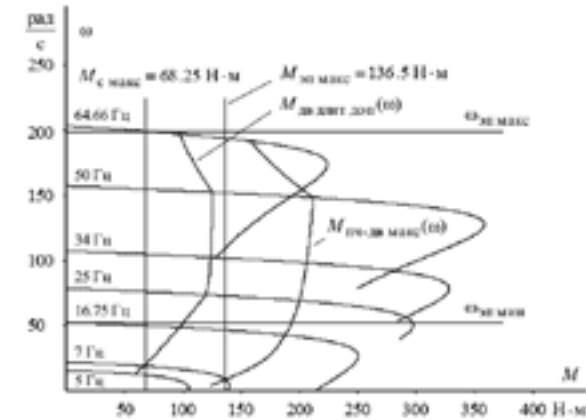


Рисунок 1 – Механические характеристики $\omega(M)$ системы преобразователь – двигатель при скалярном управлении и законе регулирования $U_1/f_1 = \text{const}$

5 Определение области работы электрифицированного агрегата

$$I_{\text{дв.длит.доп}}(\omega) = I_{\text{дв.н}} \cdot \left(0.5 + \frac{\omega}{\omega_{\text{дв.н}}}\right) \text{ при } \omega \leq 0.5 \cdot \omega_{\text{дв.н}}; \quad (9)$$

$$I_{\text{дв.длит.доп}}(\omega) = I_{\text{дв.н}} \text{ при } \omega > 0.5 \cdot \omega_{\text{дв.н}}.$$

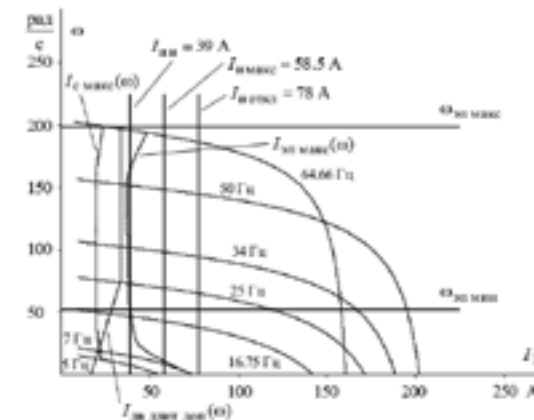


Рисунок 2 – Электромеханические характеристики $\omega(I_1)$ системы преобразователь – двигатель при скалярном управлении и законе управления $U_1/f_1 = \text{const}$

На рисунке 1 приведена соответствующая ей зависимость длительно допустимого момента двигателя $M_{дв.длит.доп}(\omega)$. Для её построения для ряда значений частоты в интервале $f_1 = f_{н.мин} + f_{н.макс}$ найдено совместное численное решение относительно скольжения s уравнений электромеханической характеристики двигателя:

$$I_1(s) = \frac{I_0(f_1) + \frac{U_{1ф}^2(f_1)}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(X_m \cdot \frac{f_1}{f_n} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_m \cdot \frac{f_1}{f_n}} \right)^2}}{+ 2 \cdot I_0(f_1) \cdot \frac{U_{1ф}(f_1)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{X_m \cdot f_1}{f_n} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_m \cdot \frac{f_1}{f_n}} \right)^2}} \times \frac{X_m}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{X_m \cdot f_1}{f_n} \right)^2}} \quad (10)$$

и характеристики длительно допустимого тока двигателя:

$$I_{дв.длит.доп}(s) = I_{двн} \cdot \left(0.5 + \frac{f_1}{f_{1н}} \cdot \frac{1-s}{1-s_{н}} \right) \text{ при } f_1 \leq 25 \text{ Гц};$$

$$I_{дв.длит.доп}(s) = I_{двн} \text{ при } f_1 > 25 \text{ Гц}.$$

На рисунке 1 приведены характеристики полного момента нагрузки $M_{с.макс}(\omega)$ и максимального момента нагрузки $M_{эп.макс}(\omega) = k_{мэп} \cdot M_{с.макс}(\omega)$, а на рисунке 2 соответствующие им зависимости статического тока нагрузки $I_{с.макс}(\omega)$ и $I_{эп.макс}(\omega)$, рассчитанные по выражениям (4) – (8) в интервале частот $f_1 = f_{н.мин} + f_{н.макс}$ для значений скольжения s , найденных путем совместного численного решения уравнений для механических характеристик двигателя и нагрузки [1]:

$$M_c = \frac{3 \cdot U_{1ф}^2(f_1) \cdot R_2'}{\left(\omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_n} \right) \cdot s \cdot \left[\left(X_m \cdot \frac{f_1}{f_n} \right)^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_m \cdot \frac{f_1}{f_n}} \right)^2 \right]} \quad (11)$$

На рисунке 1 построена зависимость максимального момента системы преобразователь частоты-асинхронный двигатель $M_{пч-д.макс}(\omega)$, соответствующая максимальному току преобразователя $I_{имакс}$. Для этого в интервале частот $f_1 = f_{н.мин} + f_{н.макс}$ определены значения скольжения s , соответствующие совместному численному решению уравнения (10) и уравнения $I = I_{имакс} = 58.5 \text{ А}$. Для найденных значений скольжения s по выражению (1) определены соответствующие значения максимального момента электропривода.

Из характеристик рисунка 1 следует, что при реализации закона управления $U_1/f_1 = \text{const}$ система преобразователь частоты – асинхронный двигатель обеспечивает во всем диапазоне регулирования скорости требуемый максимальный момент электропривода при заданном значении коэффициента перегрузки привода $k_{мэп} = 2: M_{эп.макс} = k_{мэп} \cdot M_{с.макс} = 2 \cdot 15.28 = 30.56 \text{ Н} \cdot \text{м}$, но не обеспечивает требуемый пусковой момент электропривода ($k_{пэп} = 2$) при выборе значения минимальной частоты преобразователя $f_1 = 5 \text{ Гц}$. С целью обеспечения двукратного пускового момента экспериментально выполнен подбор параметров начального участка вольт-частотной характеристики преобразователя $U_1(f_1)$ исходя из следующих условий: $M_{пуск} \geq M_{эп.макс}; I_{1пуск} < I_{имакс}$.

Установлено, что для обеспечения указанных условий зависимость $U_1(f_1)$ должна и описываться выражением:

$$U_{1ф}(f_1) = \begin{cases} U_{10} + k \cdot f_1 = 4.444 + 4.311 \cdot f_1 & \text{при } f_1 < 50 \text{ Гц;} \\ 220 \text{ В} & \text{при } f_1 \geq 50 \text{ Гц.} \end{cases} \quad (12)$$

На рисунке 3 приведены рассчитанные по формуле (1) механические характеристики системы преобразователь-двигатель после настройки ВЧХ в соответствии с (12). Здесь же показаны характеристики нагрузки $M_{с.макс}(\omega)$ и $M_{эп.макс}(\omega)$ и зависимость длительно допустимого момента двигателя $M_{дв.длит.доп}(\omega)$.

На рисунке 4 приведены рассчитанные по формулам (5)–(8) электромеханические характеристики $\omega(I_1)$ при реализации выбранной в

соответствии с (12) зависимости $U_1(f_1)$, характеристики статического тока нагрузки $I_{с\max}(\omega)$ и $I_{эл\max}(\omega)$ и преобразователя частоты. Реализация разомкнутой системы скалярного управления при настройке вольт-частотной характеристики преобразователя в соответствии с (12) позволяет обеспечить заданный диапазон регулирования скорости (от $\omega_{р\min} = 52.36$ рад/с до $\omega_{р\max} = 198.95$ рад/с) при требуемой кратности пускового и максимального момента ($k_{п\эп} = 2, k_{м\эп} = 2$).

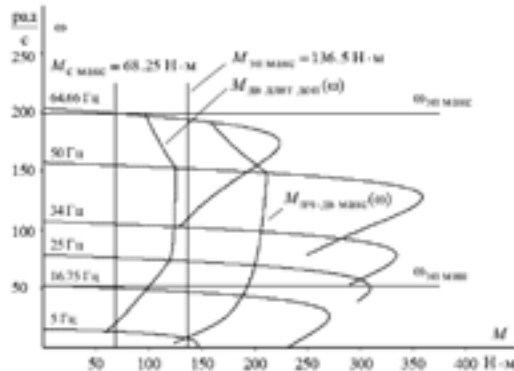


Рисунок 3 – Механические характеристики $\omega(M)$ системы преобразователь – двигатель при настройке вольт-частотной характеристики в соответствии с (12)

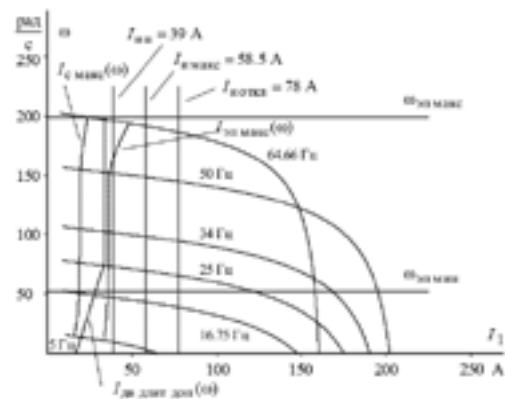


Рисунок 4 – Электромеханические характеристики $\omega(I_1)$ системы преобразователь – двигатель при настройке вольт-частотной характеристики в соответствии с (12)

При этом максимальный ток нагрузки (3,9 А) не превышает номинальный ток двигателя (5,07 А) и преобразователя (9 А), а максимальный ток двигателя, соответствующий двухкратной перегрузке по моменту питателя (7,8 А), не превышает тока отключения преобразователя (24 А).

6 Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода питателя со скалярным управлением

Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода питателя со скалярным управлением приведена на рисунке 5. В состав электропривода входят: задатчик интенсивности скорости на входе, преобразователь частоты FR-A840-00126-2-60, асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором АИР100L4. Настраечными параметрами электропривода являются: тип и параметры задатчика интенсивности скорости (ЗИС), значение минимальной частоты преобразователя $f_{н\min}$, закон регулирования U_1/f_1 и коррекция вольт-частотной характеристики.

ВЫВОДЫ

В данной главе были произведены расчеты электромеханических характеристик электроприводов угольных пылепитателей, на основании которых произведен выбор асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором АИР100L4. Также осуществлен подбор преобразователя частоты FR-A840-00126-2-60 для регулирования производительности электроприводов углепылепитателей и сформирована функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода со скалярным управлением.

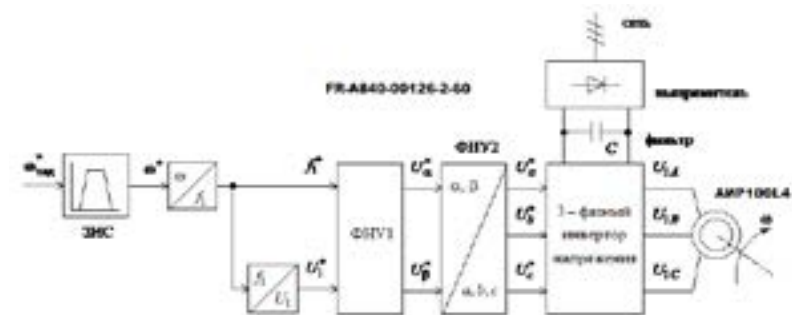


Рисунок 5 – Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода питателя со скалярным управлением

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Удут, Л. С., Мальцева, О. П., Кояин, Н. В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. – Томск : Изд. ТПУ, 2009. – 288 с. – ISBN 978-5-98298-542-2.

2 Петров, А. В., Татаринцев, Н. И. Применение частотно-регулируемых приводов на питателях сырого угля котельных агрегатов // Журнал «Электро». – 2006. – № 2. – С. 34 – 36.

3 Алиев, И. И. Электротехнический справочник. – М. : ИП РадиоСофт, 2000. – 384 с. – ISBN 5-06-004345-2.

4 Семейство FR. Преобразователи частоты. Технические характеристики. – Germany : Mitsubishi Electric Europe B.V. / FA – European Business Group, 2014. – 116 с.

5 Technical manual FR-A840. – Germany : Mitsubishi Electric Europe B.V. / FA – European Business Group, 2014. – 321 с.

6 Семейство контроллеров FX. Технические характеристики. – Germany : Mitsubishi Electric Europe B.V. / FA – European Business Group, 2012. – 186 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Ю. Ф. Булатбаева¹, Ф. Н. Булатбаев², У. К. Искаков³, Д. И. Швеца⁴

Топар қалашығындағы № 3 көмірді ұнтақтау – қондырғысының электр желісінің есептеу сипаттамасы

^{1,2,3,4}Энергетика, автоматика және теле байланыс факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100017, Қазақстан Республикасы.
Материал 19.12.18 баспаға түсті.

Y. F. Bulatbayeva¹, F. N. Bulatbayev², U. K. Iskakov³, D. I. Shvets⁴

Calculation of the characteristics of the electric drives of the carbon deposits of the boiler heater № 3 of the Toparsk city district electric station

^{1,2,3,4}Faculty of Power Engineering, Automation and Telecommunications,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100017, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Мақалада көмір шаң жинағыштарының электр жетектерінің электромеханикалық сипаттамалары келтірілген. Сипаттамалардың негізінде AIR100L4 қысқа тұйықталу роторы бар асинхронды электр

қозғалтқыш таңдалды. Сондай-ақ, көміртегі коллекторларының электр жетектерінің жұмысын реттеу үшін FR-A840-00126-2–60 жиіліктегі түрлендіргішті таңдау жүргізілді. Скалярлық басқаруымен жиілікте басқарылатын асинхронды электр жетегінің функционалдық диаграммасы қалыптасады.

The article presents the calculations of the electromechanical characteristics of coal dust collectors electric drives. On the basis of the characteristics, an asynchronous motor with a short-circuited rotor AIR100L4 was selected. Also carried out the selection of the frequency converter FR-A840-00126-2-60 for regulating the performance of electric drives of carbon collectors. The functional diagram of the frequency-controlled asynchronous electric drive with scalar control is formed.

**Н. К. Булатов¹, О. Т. Балабаев², Д. К. Саржанов³,
Т. Б. Сулейменов⁴, К. А. Акишев⁵**

¹к.т.н., профессор, кафедра «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», Профессиональное обучение», начальник, Отдел научно-исследовательской деятельности; Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, г. Кокшетау, 020000, Республика Казахстан;

²к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Промышленный транспорт имени профессора А. Н. Даниярова», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан;

³к.т.н., и.о. доцента, кафедра «Теплоэнергетика», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁴д.т.н., декан Транспортно-энергетического факультета, профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁵магистрант специальности «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, г. Кокшетау, 020000, Республика Казахстан

e-mail: ¹nurzhan_b_80@mail.ru; ²balabaev.ot@mail.ru; ³dauren78@mail.ru; ⁴suleymenov_tb@enu.kz; ⁵kanat_akishev@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ПУТЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ШНЕКА БИОРЕАКТОРА ПОД УГЛОМ ПОДЪЕМА БИОМАССЫ

В данной статье представлены результаты научно-исследовательских работ, выполненных авторами в области совершенствования биогазовой установки путем повышения эффективности перемешивания и циркуляции биомассы в биореакторе. Предлагаемая разработка относится к анаэробному сбраживанию органической массы, например, растительных и хозяйственных отходов, навоза, ила, сточных вод, с получением экологически чистого органического удобрения и выработкой биогаза и может быть использовано в переработке твердо-бытовых отходов, в жилищно-коммунальном хозяйстве, химической промышленности, энергетике, сельском хозяйстве. На разработанное устройство подана заявка о выдаче патента на изобретение Республики Казахстан. Данная НИР выполнена в рамках научно-

исследовательского проекта грантового финансирования 2018-2020 годов МОН РК АР №05132295 «Разработка опытно-промышленной установки с оптимальной системой перемешивания и циркуляцией биомассы для анаэробного брожения различных органических отходов и производства биогаза, органически-минеральных удобрений» по приоритету «Энергетика и машиностроение».

Ключевые слова: биогаз, биогазовая установка, биореактор, навоз, органическая масса, шнек (мешалка) биореактора.

ВВЕДЕНИЕ

В Казахстане в результате интенсивного развития животноводства ежегодно образуется огромное количество навоза (экскрементов сельскохозяйственных животных), которое создает проблему его переработки. На сегодняшний день одним из инновационных способов переработки навоза является использование биогазовых установок для получения биогаза. Эффективное использование биогазовых установок невозможно без совершенствования процесса перемешивания и циркуляции биомассы в биореакторе для улучшения анаэробного сбраживания органической массы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из путей улучшения анаэробного сбраживания органической массы является совершенствование биогазовой установки путем повышения эффективности перемешивания и циркуляции биомассы в биореакторе.

В настоящее время известны:

1 Биореактор, состоящий из стальной трубчатой емкости, разделенной на три части: загрузочную, рабочую и выгрузочную с перегородками – сегментами, не достигающими до дна емкости. Внутри рабочей части, подключенной к газгольдеру, установлена горизонтальная мешалка, смещенная от центра емкости. Рабочая часть трубчатой емкости разделена на две секции (левую и правую) перегородкой с отверстием, автоматически открывающимся и закрывающимся задвижкой с поплавком, в зависимости от уровня жидкого ферментатора, находящегося в емкости в момент выгрузки. Торцевая стенка правой секции рабочей части снабжена дополнительно резервуаром для горячей воды [1]. Недостатком известного аналога является низкая производительность и неприменимость более твердых бытовых отходов в качестве сырья для биомассы, а также низкая производительность, вследствие невысокого уровня выработки метана (биогаза), так как не учитывается процесс брожения и при загрузке смешиваются массы перебродившие и вновь поступившие, так же, как и при выгрузке, происходит

выгрузка смешанных масс, что не обеспечивает полного перебраживания сбраживаемой массы и снижает эффективность биореактора.

2 Биореактор, содержащий корпус из стальной емкости (рабочая секция) с присоединенными через трубчатую конструкцию с секциями загрузки и выгрузки и разделенные перегородками, не доходящими до дна емкости и установленные в трубчатых частях, внутри рабочей секции, подключенной к газгольдеру, установлена горизонтальная мешалка со шнековыми лопастями, проходящая через все секции (секция загрузки, рабочая секция и секция выгрузки), в загрузочной секции биореактора сверху расположен загрузочный люк для загрузки биомассы, а в выгрузочной секции – выгрузочный люк, нижняя часть биореактора заключена в рубашку с горячей водой, которая подогревает биомассу для ускорения брожения и поддерживает рабочую температуру биореактора [2]. Недостатком которого является низкая производительность и неприменимость более твердых бытовых отходов в качестве сырья для биомассы, а также низкая производительность, вследствие невысокого уровня выработки метана (биогаза), так как не учитывается процесс брожения и при загрузке смешиваются массы перебродившие и вновь поступившие, так же, как и при выгрузке, происходит выгрузка смешанных масс, что не обеспечивает полного перебраживания сбраживаемой массы и снижает эффективность биореактора.

3 Наиболее близким к предлагаемому техническому решению по решаемой задаче и достигаемому техническому результату является биореактор, который содержит корпус из стальной емкости (рабочая секция) с присоединенными через трубчатую конструкцию с секциями загрузки и выгрузки и разделенные перегородками в виде вентилях задвижек, установленные в трубчатых частях. Внутри рабочей секции, подключенной к газгольдеру, установлен горизонтально шнек (мешалка) проходящий через все секции (секция загрузки, рабочая секция и секция выгрузки). В загрузочной секции биореактора сверху расположен загрузочный люк для загрузки биомассы, а в выгрузочной секции – выгрузочный люк. Внутри (по середине) рабочей секции, на безопасном расстоянии выше шнека имеется рубашка (треугольная труба с горячей водой внутри) которая подогревает биомассу для ускорения брожения [3]. Однако при работе данного биореактора, горизонтально установленный шнек снижает эффективность перемешивания и циркуляции биомассы.

Таким образом, указанное несовершенство известных конструкций приводит к снижению эффективности перемешивания и циркуляции биомассы в биогазовой установке.

В 2018 году в рамках научно-исследовательского проекта грантового финансирования 2018–2020 годов МОН РК АР № 05132295 «Разработка опытно-промышленной установки с оптимальной системой перемешивания и циркуляцией биомассы для анаэробного брожения различных органических отходов и производства биогаза, органически-минеральных удобрений» разработана биогазовая установка. Разработанная биогазовая установка содержит следующее оборудование (рисунок 1): корпус биореактора 1, верхняя секция корпуса биореактора 2, шнек (мешалка) 3, вал шнека 4, электропривод шнека 5, трубчатая часть биореактора 6, секция загрузки 7, загрузочный люк 8, рабочая часть биореактора 9, секция выгрузки 10, рубашка 11, перегородка-задвижка между секции загрузки и рабочей части 12, вентиль перегородки-задвижки между секцией загрузки и рабочей части 13, реверсный электродвигатель вентиля перегородки-задвижки между секцией загрузки и рабочей части 14, перегородка-задвижка между секцией выгрузки и рабочей части 15, вентиль перегородки-задвижки между секцией выгрузки и рабочей части 16, реверсный электродвигатель вентиля перегородки-задвижки между секцией выгрузки и рабочей части 17, газгольдер 18, клапан газгольдера 19, соединение между рабочей секцией и газгольдером 20 [4].

Работа биогазовой установки осуществляется следующим образом (рисунок 1):

– в загрузочную секцию (7) через загрузочный люк (8) загружается биомасса;

– датчик влажности и кислотности определяют характеристики загруженного сырья, и в случае необходимости, по сигналу с микроконтроллера, производится увеличение влажности путем добавления воды, или изменение кислотности – путем добавления кислоты или щелочи (также возможно добавление в биомассу бактерий, ускоряющих процесс разложения органических веществ биомассы);

– готовая биомасса с помощью шнека (3) подается в рабочую секцию (9) биореактора, путем открывания перегородки в виде вентилях задвижек между загрузочной секцией (7) и рабочей секцией (9), и биомасса продавливается в рабочую секцию (9);

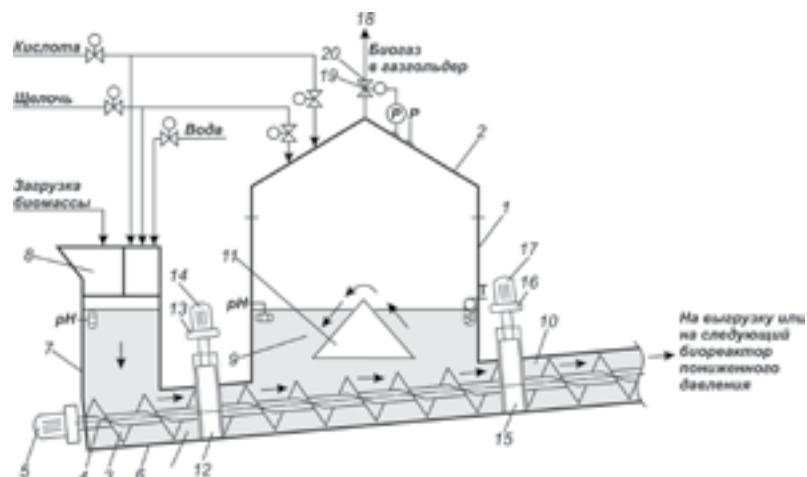


Рисунок 1 – Биогазовая установка

– затем перегородка в виде вентилей задвижек (12) закрывается путем включения реверсивного электродвигателя (14) вентиля перегородки (13);

– биогаз скапливается в рабочей секции (9) – в верхней секции корпуса биореактора (2), при этом образуется давление биогаза, не превышающее давления гидростатического столба высоты сегмента;

– технологические параметры в рабочей секции (9) поддерживаются автоматически – по командам, выдаваемым микропроцессорными контроллером;

– для поддержания рабочей температуры биореактор снабжен термостатирующей рубашкой (11), например, водяной, через которую циркулирует обратная вода, температура которой регулируется по командам с микроконтроллера, анализирующего показания с датчиков температуры внутри биореактора;

– откачивание биогаза из рабочей секции выполняется по показанию датчика;

– продавливание биомассы через корпус (1) биореактора облегчается при использовании шнека (3) установленного под углом подъема (шнек включают в зависимости от производственной необходимости);

– шнек (3) в данном случае, с одной стороны, рыхлит биомассу, с другой – шнековые лопасти продвигают биомассу вверх по корпусу и упираясь на перегородку выгрузочной секции и на стенки корпуса биореактора (15), выворачивается на треугольную рубашку (11) которая подогревает биомассу для ускорения брожения, тем самым выталкивает предыдущую

загруженную биомассу в шнек (3) и обеспечивает эффективную циркуляцию биомассы в емкости (в рабочей секции), и позволяет полное перебраживание сбраживаемой массы в биореакторе;

– при полном использовании, выдохшаяся биомасса выталкивается в выгрузочную секцию путем включения электропривода (5) шнека (3) и путем пуска реверсивного электродвигателя (17) открытия вентиля перегородки между выгрузочной секцией и рабочей секции (15, 16), также при закрытой перегородке между загрузочной секцией и рабочей секцией (12, 13).

ВЫВОДЫ

Таким образом, совершенствование биогазовой установки, путем установки шнека (мешалка) биореактора под углом подъема позволяет повысить эффективность перемешивания и циркуляции биомассы в биогазовой установке. В результате совершенствования биогазовой установки, подана заявка о выдаче патента на изобретение Республики Казахстан [5]. Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение эффективности перемешивания и циркуляции биомассы. Этот технический результат достигается тем, что в биогазовую установку внесены следующие изменения: шнек (мешалка) биореактора установлен под углом подъема. Для более высокой точности определения рациональных конструктивных параметров, необходимы детальные исследования с разработкой математических моделей и проведением экспериментов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Патент Российской Федерации, RU 2427123 C1 от 27.08.2011, A01C 3/02, C02F 11/00.

2 Патент Российской Федерации, RU 2346423 C2 от 20.02.2009, A01C 3/02.

3 Патент на изобретение РК, KZ 31646 от 12.05.2016 г., A01C 3/02, C02F 11/00.

4 Промежуточный отчет НИР «Разработка опытно-промышленной установки с оптимальной системой перемешивания и циркуляцией биомассы для анаэробного брожения различных органических отходов и производства биогаза, органически-минеральных удобрений» (АР №05132295) // Кокшетауский университет им. А.Мырзахметова, 2018. – 40 с.

5 Булатов, Н. К., Балабаев, О. Т., Саржанов, Д. К. Заявка о выдаче патента на изобретение РК. МПК A01C 3/02, C02F 11/00 «БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА». Регистрационный номер 2018/0656.1 от 21 сентября 2018 года.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Н. Қ. Булатов¹, О. Т. Балабаев², Д. К. Саржанов³, Т. Б. Сулейменов⁴,
Қ. А. Акишев⁵

Биореактор шнегін биомассаны көтеру бұрышы бойынша орналастыру арқылы биогаз қондырғысын жетілдіру

^{1,5}А. Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті,
Көкшетау қ., 020000, Қазақстан Республикасы;

²Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

N. K. Bulatov¹, O. T. Balabaev², D. K. Sarzhanov³, T. B. Suleymenov⁴,
K. A. Akishev⁵

Improvement of biogas installation by placement of the screw of the bioreactor at an angle of biomass raising

^{1,5}A. Myrzakmetov Kokshetau University,
Kokshetau, 020000, Republic of Kazakhstan;

²Karaganda State Technical University,
Karaganda, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Берілген мақалада биореактордағы биомассаның тиімді араластырылуы мен айналымын өсіру арқылы биогаз қондырғысын жетілдіру бойынша аторлармен орындалған ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері ұсынылған. Ұсынылып отырған жоба мысалыға, өсімдікті және шаруашылық қалдықтары, көң, балдырлар, сарқынды сулар тұңбалары секілді органикалық массаны анаэробты ашытуға және одан экологиялық таза органикалық тыңайтқыштар алу мен биогаз өндіруге тиісті. Сонымен қатар бұл қондырғы тұрғын үй-коммуналдық шаруашылықтарындағы, химиялық өндірістегі, энергетикадағы және ауыл-шаруашылығындағы қатты тұрмыстық қалдықтарды өңдеуде қолданылуына болады. Жобаланған қондырғыға Қазақстан Республикасының өнертабыс патентін алуға өтінім берілген. Берілген ғылыми-зерттеу жұмысы ҚР БҒМ 2018–2020 жылдардағы ғылыми-зерттеу жобаларын

гранттық қаржыландырудың «Энергетика және машина жасау» бағыты бойынша АР № 05132295 «Биогаз, органикалық-минералдық тыңайтқыштар өндіру және әртүрлі органикалық қалдықтарды анаэробты ашытып өңдеуге арналған биомасса араластырылуы және айналымының оптималды жүйесі бар сынақ-өнеркәсіптік қондырғыны жобалап жасау» жобасын орындау шеңберінде жасалған.

Results of the research works performed by authors in the field of improvement of biogas installation by increase in efficiency of hashing and circulation of biomass in the bioreactor are presented in this article. The offered development belongs to anaerobic fermentation of organic weight, for example, vegetable and economic waste, manure, silt, sewage, with receiving environmentally friendly organic fertilizer and production of biogas and can be used in processing firmly – household waste, in housing and communal services, chemical industry, power, agriculture. The application for the patent for the invention of the Republic of Kazakhstan is submitted for the developed device. This research is executed within the research project of grant financing of 2018–2020 by MES RK AP No. 05132295 «Development of trial installation with the optimum system of hashing and circulation of biomass for anaerobic fermentation of various organic waste and production of biogas, organic and mineral fertilizers» on a priority «Power and mechanical engineering».

М. А. Елубай¹, М. М. Кожаметова², Д. Т. Толегенов³

¹к.х.н., ассоц. профессор (доцент), Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³преподаватель, магистр, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ²sergazy-madina@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭТБЭ

Настоящая статья посвящена теме перспективы использования ЭТБЭ. В Казахстане производится один из кислородсодержащих добавок к бензину – метил трет-бутиловый эфир. В последнее время момент наблюдается постепенный отказ от МТБЭ в пользу других видов присадок. В связи с этим наиболее обоснованным решением в модернизации действующего производства в Казахстане является переход на новый продукт – этил трет-бутиловый эфир. ЭТБЭ имеет более лучшие характеристики в сравнении с другими октаноповышающими добавками. Тем более что технология получения ЭТБЭ схожа с технологией МТБЭ, но различается параметрами технологического режима. В работе приведен сравнительный анализ физико-химических свойств оксигенатов и указаны преимущества этил-трет-бутилового эфира. Выполнен обзор рынка присадок к моторным топливам.

Ключевые слова: оксигенаты, спирты, октаноповышающая присадка, этил-трет-бутиловый эфир, метил-трет-бутиловый эфир, детонационная стойкость.

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей, стоящей перед нефтеперерабатывающей промышленностью, является переход на качество топлива К4 и К5 нефтепродуктов путем введения в стране соответствующих требований к экологическим параметрам продукции нефтепереработки и нефтехимии. Требования к экологическим характеристикам топлив в настоящее время

воспринимаются как одно из условий присутствия на международном рынке нефтепродуктов.

Для получения автомобильных бензинов используют сложный комплекс технологических процессов первичной и глубокой переработки нефти, а также различные присадки и добавки, обеспечивающие соответствие современным требованиям к составу и качеству этого вида моторного топлива. Для улучшения ряда эксплуатационных свойств, в том числе экологических, в бензины вводят кислородсодержащие компоненты. Наиболее распространенными и широко применяемыми являются метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ, МТВЕ), этил-трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ, ЕТВЕ), этанол, а также метил-трет-амиловый эфир (МТАЭ, ТАМЕ).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На сегодняшний день наиболее распространенными в мире являются антидетонационные присадки к моторным топливам на основе оксигенатов – кислородсодержащих органических соединений (спиртов и эфиров). Они обладают высоким октановым числом и позволяют увеличить этот параметр у бензина, а благодаря содержанию кислорода также снижают выбросы некоторых вредных веществ, в частности, угарного газа СО. В отличие от металлсодержащих антидетонаторов, оксигенаты добавляют к бензинам в количестве 3–15 %, причем зачастую – непосредственно на НПЗ [1, 2].

Применение спиртов в качестве компонентов автомобильных бензинов связано с некоторыми проблемами – ярко выраженной гидрофильностью и фазовой нестабильностью спиртов, низкими противозносными и антикоррозионными свойствами получаемых топлив. Использование спиртов связано с еще одной трудностью – существенным увеличением себестоимости смесевых спирто-бензиновых топлив вследствие особенностей отечественного налогообложения. Тем не менее, это направление имеет несомненные перспективы на пути к постепенному снижению использования нефтяных ресурсов за счет вовлечения в производство растительного сырья и дальнейшему повышению экологических характеристик моторных топлив [3, 4]. Простые эфиры лишены недостатков, присущих спиртам, они менее гигроскопичны, не обладают ярко выраженной коррозионной активностью, поэтому успешно применяются в качестве октаноповышающих присадок во всем мире [5].

По определению, оксигенаты (добавки в бензин кислородсодержащие) – общее название низших спиртов и простых эфиров, применяемых в качестве высокооктановых компонентов моторных топлив, принятое в

химмотологической литературе. Их вырабатывают из альтернативного топлива сырья: метанола, этанола, фракций бутиленов и амиленов, получаемых из угля, газа, растительных продуктов и тяжелых нефтяных остатков. Использование кислородсодержащих добавок в бензин расширяет ресурсы топлив и часто позволяет повысить их качество. Бензины с оксигенатами характеризуются улучшенными моющими свойствами, характеристиками горения, при сгорании образуют меньше оксида углерода и углеводов. Общим преимуществом использования эфиров и спиртов является их более полное сгорание с меньшим выбросом вредных веществ, позволяющее снизить выбросы оксида углерода на 32,5 %, углеводов на 14,5 % и вывести из состава бензина канцерогенный бензол. Оксигенаты фотохимически менее активны, чем углеводороды, и следовательно, имеют более низкую смогообразующую способность [6]. В качестве оксигенатов используются в основном метил трет-бутиловый эфир (МТБЭ), этил трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ) и этанол. Их основные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики оксигенатов

Характеристики	МТБЭ	ЭТБЭ	Этанол
Плотность, кг/м ³	746	750	794
Температура кипения, °С	55,3	72,8	78,3
Давление насыщенных паров, Па	0,8	0,4	1,5
Теплота сгорания, низшая кДж/л	26260	26910	21285
Теплота испарения, кДж/кг	337	321	854
Исследовательское октановое число (ИОЧ) смеси (без тетраэтилсвинца)	118	118	120
Моторное октановое число (МОЧ)	101	101	99
Чувствительность (ИОЧ-МОЧ)	17	17	21
Растворимость в воде, % масс. (при 20 °С)	4,5	0,1	100

По данным таблицы 1 можно сделать вывод, что эфиры лидируют перед этанолом по давлению насыщенных паров (низкое значение позволяет вовлекать при смешении его с автобензинами дополнительные ресурсы бутановых фракций) и низкой растворимости в воде, препятствующее обводнению топлива. В отличие от МТБЭ, при использовании ЭТБЭ не возникает проблем, связанных с обводнением, кроме того он имеет более высокую теплотворную способность и более низкое содержание кислорода. Предельное содержание ЭТБЭ в бензине может быть не более 15 %. Для МТБЭ этот показатель составляет 14,84 %. В настоящее время отсутствуют данные о токсичности ЭТБЭ и его вредном экологическом

воздействии на окружающую среду. ЭТБЭ не образует пероксидных соединений, что значительно повышает безопасность его хранения и использования [7].

Метил-трет-бутиловый эфир – бесцветная жидкость с эфирным запахом; образует азеотропные смеси с метанолом, водой. При нагревании выше 460°С, а также при нагревании с катализаторами разлагается на метанол и изобутилен, пероксидных соединений не образует. Его промышленное производство в качестве компонента моторных топлив осуществляется с 1979 г. в качестве эффективной альтернативы ТЭС в рамках концепции создания реформулированного бензина [8]. Поскольку метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) был признан опасным для экологии, в некоторых странах (США, Канада, Япония, страны Западной Европы) уже давно наблюдается переход на использование этил-трет-бутилового эфира (ЭТБЭ), этанола и других альтернативных продуктов; закрываются заводы по производству метил-трет-бутилового эфира. Восточная Европа и Азиатско-Тихоокеанские страны, наоборот, строят новые мощности по производству МТБЭ. Мировой рынок МТБЭ был стабильным в последние несколько лет; с одной стороны, развитые страны снижали потребление МТБЭ, но, с другой стороны, спрос рос в Азиатско-Тихоокеанском регионе, Латинской Америке и на Ближнем Востоке из-за увеличения потребления бензина и спроса на более чистое топливо в этих регионах. Заглядывая вперед, для мирового производства метил-трет-бутилового эфира будет характерно падение; Китай продолжит вводить новые мощности, но коэффициенты их использования снизятся. В целом рост спроса на МТБЭ будет низким: рынки США, Канады, Японии и Западной Европы продолжат сужаться, но производство МТБЭ в Азиатско-Тихоокеанском регионе, Латинской Америке и на Ближнем Востоке все же будет расти.

В сложившихся условиях реальной альтернативой МТБЭ служит этилтретбутиловый эфир (ЭТБЭ) [9]. ЭТБЭ – прозрачная, бесцветная или бледно-желтая жидкость, органическое соединение с характерным эфирным запахом, получаемое из этанола (47 % об.) и изобутилена (53 % об.). Добавка ЭТБЭ к бензинам до 15 % допускается Техническим регламентом и полностью совместима с существующей инфраструктурой производства моторных топлив. ЭТБЭ в промышленных масштабах был впервые использован в 1992 году во Франции, и с этого времени популярность его применения в качестве антидетонатора неуклонно возрастает [10]. Несомненным преимуществом ЭТБЭ является его биоразложение в природе, а также возможность использования в качестве сырья этилового спирта, получаемого из растительного сырья

(биоэтанола). Этот фактор послужил основой для стремительного развития производства ЭТБЭ в США и Европейских странах [11]. Часть европейских производителей МТБЭ перешла на выпуск ЭТБЭ путем модернизации имеющихся мощностей, другие производители строят новые крупнотоннажные производства.

Основные производственные мощности по выпуску ЭТБЭ сосредоточены в Европе – порядка 60 %, около 25 % находятся в Северной Америке. Наибольшие объемы этил-трет-бутилового эфира потребляются странами Западной Европы, а самый активный рост спроса демонстрирует Япония. На мировом рынке этил-трет-бутилового эфира прогнозируется ежегодный рост 4 %, основные объемы потребления по-прежнему будут приходиться на страны Западной Европы и Японию.

ВЫВОДЫ

Выпуск ЭТБЭ позволит повысить эффективность работы предприятия и стабилизировать его финансовое положение. В настоящее время он имеет стабильный обеспеченный сбыт, широко экспортируется и, в силу дефицитности, цены на ЭТБЭ постоянно растут. На сегодняшний день ЭТБЭ остаётся основным оксигенатом в мире, так как он экономичен и более экологически безопасен, в отличие от других присадок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Капустин, В. М.** Оксигенаты в автомобильных бензинах. – М. : Колос С, 2011. – 335 с.

2 **Богданов, С. Н., Лаврик, А. Н., Терехов, А. С.** // Вестн. ЮУрГУ. – 2008. – № 23. – С. 86.

3 **Латыпова, Ф. Н., Вильданов, Ф. Ш., Чанышев, Р. Р., Николаева, С. В.** / Баш. хим. ж. – 2011. – Т. 18. – № 2. – С. 128.

4 **Лю Синьчжоу.** Разработка высокооктановых кислородсодержащих топливных композиций : Автореф. дисс.... канд. техн. н. – Уфа, 2004. – 24 с.

5 **Данилов, А. М.** Применение присадок в топливах для автомобилей. – М. : Химия, 2000. – 232 с.

6 **Оноиченко, С. Н.** Разработка и исследование композиций неэтилированных бензинов, содержащих этанол : Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., 2000. – 135 с.

7 **Яковлев, А. А., Мельниченко, И. Ю., Баклаева, Н. Б., Иванова, А. С.** Экономика нефтепереработки, Июнь 27, 2009.

8 **Лю Синьчжоу.** Разработка высокооктановых кислородсодержащих топливных композиций : Автореф. дисс.... канд.техн.н. – Уфа, 2004. – 24 с.

9 **Hong Yuan.** ETBE as an additive in gasoline : advantages and disadvantages. Master of Science Thesis, Environmental Science Programme. – Norrköping, Sweden, 2006. – 40 p.

10 **Hamid, H., Ali, M. A.** Handbook of MTBE and Other Gasoline Oxygenates. – Boca Raton, USA : CRC Press, 2004. – 381 p.

11 **Diaz, A. F., Drogos, D. L.** Oxygenates in gasoline: environmental aspects. – Washington : American Chemical Society, 2002.– 310 p.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

М. А. Елубай¹, М. М. Кожакметова², Д. Т. Толегенов³

Этил-трет-бутилі эфир қолдану артықшылықтары

^{1,2,3}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университет,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

М. А. Yelubay¹, М. М. Kozhakhmetova², D. T. Tolegenov³

Perspectives of ethyl tert-butyl ether use

^{1,2,3}Faculty of Chemical Technologies and Natural Sciences,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Бұл мақала ETBE пайдалану перспективасының тақырыбына арналған. Қазақстанда бензинге оттегі бар қоспалардың бірі метил трет-бутил эфирі болып табылады. Жақында басқа қоспалар түрлерінің пайдасына МТБЕ біртіндеп бас тартылды. Осыған байланысты Қазақстанда қолданыстағы өндірісті модернизациялаудағы ең ақылға қонымды шешім жаңа өнімге – этил тері-бутил эфиріне көшу болып табылады. ETBE басқа октан өндіруші қоспаларға қарағанда жақсы сипаттамаларға ие. Әсіресе ETBE алу технологиясы МТБЕ технологиясына ұқсас, бірақ технологиялық режим параметрлеріне байланысты ерекшеленеді. Құжат оксигенаттардың физикалық және химиялық қасиеттерін салыстырады және этил трет-бутил эфирінің артықшылықтарын көрсетеді. Мотор отындарына арналған қоспа нарығы қайта қаралды.

This article is devoted to the prospect of using ETBE. In Kazakhstan, one of the oxygen-containing additives to gasoline is methyl tert-butyl ether. Recently, there has been a gradual rejection of MTBE in favor of other types of additives. In this regard, the most reasonable decision in modernizing the existing production in Kazakhstan is the transition to a new product – ethyl tert-butyl ether. ETBE has better characteristics in comparison with other octane-raising additives. Especially since the technology of obtaining ETBE is similar to MTBE technology, but differs in the parameters of the technological regime. The paper compares the physical and chemical properties of oxygenates and shows the advantages of ethyl tert-butyl ether. The market of additives for motor fuels has been reviewed.

ГРНТИ 53.37.35

**М. Ә. Әділқанова¹, С. А. Абдулина², Г. А. Кокаева³,
Ж. М. Ықсан⁴**

¹доктор PhD, и.о. зав. кафедрой «Химия и обогащение полезных ископаемых», Факультет наук о Земле, Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070010, Республика Казахстан;

²доктор PhD, и.о. доцента, кафедра «Металлургия цветных и редких металлов», Факультет наук о Земле, Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070010, Республика Казахстан;

³к.т.н., и.о. доцента, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., зав. кафедрой «Машиностроение и стандартизация», Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ³GAKokaeva@mail.ru; ⁴ixan_0180@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА СТЕПЕНЬ ОТГОНКИ СЕЛЕНА ИЗ СЕЛЕНСОДЕРЖАЩИХ ПРОМПРОДУКТОВ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с исследованием процесса вакуумной возгонки селена из селеносодержащих пылей. Селен, главным образом, применяется в полупроводниковой технике, в стекольной промышленности, при вулканизации каучука, в фотографии и при изготовлении некоторых оптических и сигнальных приборов. Технический селен содержит 1–2,5 % примесей и непосредственно для полупроводникового производства не пригоден. Трудность очистки селена от многих примесей обусловлена его высокой активностью, поэтому разрабатываются разнообразные схемы и аппараты, обеспечивающие резкое увеличение его производства и улучшение качества. Проводится анализ вакуумной возгонки селена из расплава, полученного в результате приемной плавки селеносодержащих пылей и определение оптимальных условий прямой вакуумной отгонки селена из селеносодержащих пылей. Полученные в результате исследований данные дополняют сведения необходимые

для дальнейшего совершенствования процесса получения марочного селена из некондиционных селенсодержащих промпродуктов методом вакуумной возгонки. Особенно нежелательными примесями в селене являются мышьяк, ртуть, висмут, медь, шикель, теллур, сера.

Ключевые слова: селенсодержащие пыли, вакуумная возгонка селен, промпродукт.

ВВЕДЕНИЕ

Казахстан является одним из крупных производителей селена, но производит только технический селен, который почти на порядок дешевле марочного селена. Для получения высокочистого селена используют селен технических марок. Требования по содержанию примесей в высокочистом селене определяются областью его применения. С развитием полупроводниковой техники требования к чистоте селена повышаются. Согласно техническим требованиям на селен высокой чистоты, содержание таких примесей в селене, как: Al, Ga, Fe, In, Co, As, Na, S, Te, должно быть не более $1 \cdot 10^{-4}$ % каждой, Mn – $0,5 \cdot 10^{-5}$ %, Au, Ca, Si, Pb, Sb, Ti, P, Cr – $1 \cdot 10^{-4}$ % каждой, Br, Bi, J, Cd, Mg, Cu, Ni, Sn, Hg, Ag, F, Cl – $1 \cdot 10^{-5}$ % каждой [1–4].

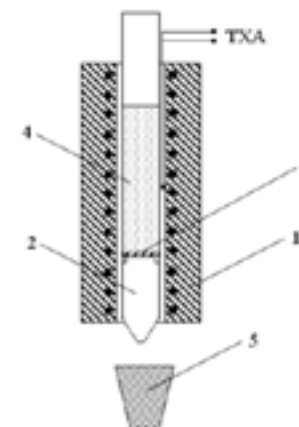
Целью работы является исследование процесса вакуумной возгонки селена из селенсодержащих пылей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследование условий выделения селена в расплав из селенсодержащих пылей рукавных фильтров аффинажного производства было проведено на лабораторной установке, приведенной на рисунке 1 при атмосферном давлении.

В результате исследований было установлено, что уже при 300 °С начинается переход селена в расплав. При температуре 400 °С основная масса селена фильтровалась через «ложное» дно. Выход расплава составил 45,83 %, выход сухого остатка (на стенках реторты и ложном дне) составил 25,41 %, возгонов (невязка по твёрдым продуктам) – 28,76 %.

Результаты рентгено-флуоресцентного анализа расплава, полученного в результате приёмной плавки селенсодержащих пылей приведены в таблице 1.



1 – электропечь; 2 – кварцевый реактор; 3 – сетка из стали 12Х18Н10Т; 4 – черновой селен; 5 – сосуд с дистиллированной водой

Рисунок 1 – Лабораторная установка для приёмной плавки селенсодержащих промпродуктов при атмосферном давлении

Таблица 1 – Результаты рентгено-флуоресцентного анализа расплава, полученного в результате приёмной плавки селенсодержащих пылей

Элемент	% (масс.)	элемент	% (масс.)	элемент	% (масс.)
Se	47,984	Cl	1,342	Fe	0,095
Pb	29,439	Na	0,599	Ni	0,034
Ag	3,174	Mg	0,079	Cu	0,559
Te	4,869	Al	0,108	Sb	2,240
S	1,124	Si	0,082	Zn	0,073
Bi	1,862	P	0,002	Ca	0,016

Значительная невязка по твёрдым продуктам (–28,76 %) объясняется отсутствием системы улавливания летучих компонентов, однако, часть из них сконденсировалась в холодной зоне печи и была проанализирована различными методами анализа.

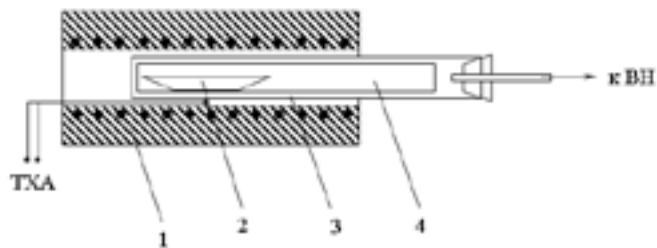
Образующиеся возгоны в процессе приёмной плавки представляют собой красно-бурые, рассыпчатые кристаллы. Рентгено-флуоресцентным методом анализа установлено следующее содержание элементов в полученных возгонах, % (масс.): Se – 46,317; Pb – 28,949; Ag – 3,386; Te – 4,855; S – 1,263; Cl – 1,309; Bi – 1,948; Na – 0,914; Al – 0,1; Si – 0,111; P – 0,001; Fe – 0,156; Ni – 0,038; Cu – 0,504; Sb – 2,167; Zn – 0,062; Ca – 0,047; общая сумма определённых элементов равна 92,3 %. Кроме того сухой остаток,

образующийся в результате приёмной плавки, обогащается следующими элементами до содержания, % (масс.): Ag – 4,039; Pb – 35,626; Te – 7,327; S – 2,147; Cl – 1,768; Bi – 2,14; Na – 1,174; Si – 0,652; Ni – 0,178; Sb – 2,925, т.е. по некоторым элементам почти в 2-3 раза. Остаточное содержание селена в сухом остатке не превышало 6,12 %.

Ввиду того, что элементный состав возгонов в основном идентичен полученному расплаву, можно сделать вывод, что в процессе приёмной плавки в промышленной печи, выполненной в герметичном исполнении, потери селена с газовой фазой будут сведены к минимуму.

Исследования по изучению условий выделения селена в расплав из селеносодержащих пылей показали, что в процессе приёмной плавки данного продукта основная масса селена переходит в расплав. Температуру в печи для промышленных условий рекомендуется поддерживать в интервале 400–450 °С. Кроме того, газоход печи приёмной плавки перед сбросом газов в атмосферу необходимо соединить с фильтром, работа которого основана на барботаже отходящих газов через водяной затвор. При этом будет происходить улавливание окисленного селена в водном растворе с образованием селенистой кислоты. После насыщения водного раствора селеном, он направляется на его восстановление сернистым ангидридом или пиросульфитом натрия.

Исследования вакуумной возгонки селена из расплава были проведены на лабораторной вакуумной установке, представленной на рисунке 2.



1 – электропечь; 2 – алундовая лодочка с навеской черного селена;
3 – кварцевый реактор; 4 – разъемный фарфоровый конденсатор

Рисунок 2 – Лабораторная установка для вакуумной отгонки селена из селеносодержащих продуктов

Вакуумную дистилляцию расплава проводили при температуре 450 °С, давлении 0,13 кПа в течении 30 минут. Результаты экспериментов приведены в таблицах 2-5.

Таблица 2 – Материальный баланс поискового опыта по отгонке селена из расплава, полученного в результате приёмной плавки селеносодержащих пылей

Наименование продуктов	Масса, г	Выход, %	Содержание Se		Распределение, %
			%	г	
Загружено:					
Расплав	16,05	100,00	47,98	7,70	100,00
Получено:					
Se	7,15	44,55	99,61	7,12	92,46
Остаток	7,90	49,22	6,86	0,54	7,01
Всего получено	15,05	93,77	-	7,66	99,48
Невязка	1,00	6,23	-	0,04	0,52

Таблица 3 – Содержание основного вещества и сопутствующих примесей в конденсате, полученном в результате дистилляции селеносодержащего расплава с использованием эмиссионного качественного спектрального анализа

Содержание элементов, % (масс.)						
Fe	Si	Al	Mg	Cu	Pb	Na
~0,003	~0,003	>0,03	≥0,003	~0,001	~0,1	≥0,03
Содержание элементов, % (масс.)						
Ca	Bi	Te	Sn	Sb	Mn	Se
≤0,01	~0,1	~0,1	>0,001	>0,01	<0,001	99,605

*Примечание: при этом в расплаве не обнаружено: Hg, Cd, Cr, Ni, Re, Os, Ge

Таблица 4 – Содержание основного вещества и сопутствующих примесей в конденсате, полученном в результате дистилляции селеносодержащего расплава с использованием рентгено-флуоресцентного анализа

Элемент	% (масс.)	элемент	% (масс.)
Se	88,548	Al	0,134
Pb	0,112	Mg	0,269
S	0,022	Si	0,039
Br	0,183	P	0,002
Zn	0,008	Ca	0,013
Te	0,101	Ni	0,023

*Примечание-Общая сумма определённых элементов равна 89,5 %

Исследования конденсата, полученного после дистилляции селенсодержащего расплава, были выполнены с помощью атомно– и рентгено-флуоресцентного анализа (таблицы 3 и 4 соответственно).

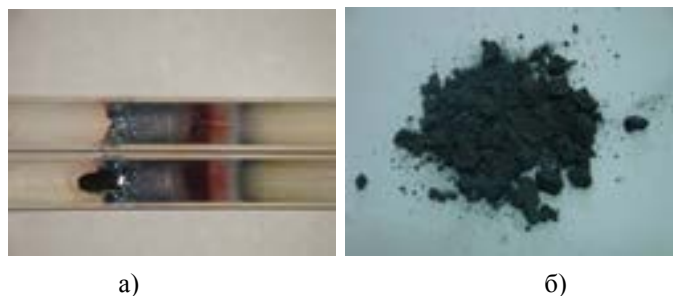
В таблице 5 приведены данные по содержанию основного вещества и сопутствующих примесей в остатке, полученном после дистилляции селенсодержащего расплава, выполненные с помощью рентгено-флуоресцентного анализа.

Таблица 5 – Результаты рентгено-флуоресцентного анализа остатка от дистилляции расплава, полученного в результате приёмной плавки селенсодержащих пылей

Элемент	% (масс.)	элемент	% (масс.)	элемент	% (масс.)
Se	6,865	Cl	3,052	Fe	0,208
Pb	49,41	Na	1,499	Ni	0,036
Ag	5,054	Sb	3,281	Cu	0,818
Te	7,372	Al	0,054	Zn	0,108
S	3,055	Si	0,188	Cr	0,075
Bi	3,103	O	11,179	Ca	0,117

*Примечание-Общая сумма определённых элементов равна 95,6 %

На рисунке 3 приведены фотографии конденсата и остатка от вакуумной дистилляции расплава, полученного в результате приёмной плавки селенсодержащих пылей.



а – конденсат полученный в результате дистилляции расплава после приёмной плавки при $t=450\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=0,13\text{ кПа}$, $\tau=30\text{ мин}$;
б – остаток после дистилляции расплава

Рисунок 3 – Фотографии конденсата и остатка после вакуумной дистилляции расплава, полученного в результате приёмной плавки селенсодержащих пылей

На основании полученных данных установлено, что в результате вакуумной дистилляции расплава (при $t=450\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=0,13\text{ кПа}$, $\tau=30\text{ мин}$), полученного в результате приёмной плавки исходных селенсодержащих пылей, получен продукт с содержанием основного компонента – селена более 99,5 % (соответствует марке СТ1 по ГОСТу 10298-79). При этом выход расплава составил 92,5 %.

В остатке от дистилляции было обнаружено содержание серебра, концентрация которого превышала 5 %.

Определение оптимальной температуры, при которой наблюдается максимальная степень прямой вакуумной отгонки селена из пылей, содержащих Se в 42,418 % (масс.), проводилось в интервале температур 350-600 $^{\circ}\text{C}$ с шагом в 50 $^{\circ}\text{C}$ в течение 30 минут при давлении <0,13 кПа. Результаты экспериментов приведены в таблице 6 и на рисунке 4.

Таблица 6 – Результаты экспериментов по прямой отгонке селена из пылей при различной температуре и давлении 0,13 кПа

t, $^{\circ}\text{C}$	Выход, %			Содержание Se, %		Степень отгонки Se, %
	Исходная пыль	Конденсат	Остаток	Исходная пыль	Остаток	
350	100	51,96	47,95	42,418	17,219	84,21
400	100	50,66	47,88	42,418	6,973	92,01
450	100	49,73	47,10	42,418	4,211	94,84
500	100	48,55	46,45	42,418	4,167	95,56
550	100	47,85	45,16	42,418	4,023	95,99
600	100	47,82	45,13	42,418	4,020	95,92

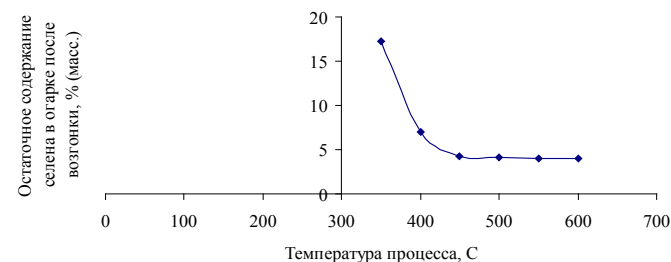


Рисунок 4 – Зависимость остаточного содержания селена в огарке после прямой вакуумной возгонки селенсодержащих пылей

Из приведённых в таблице 6 и на рисунке 4 данных видно, что при увеличении температуры с 350 до 600 $^{\circ}\text{C}$ уменьшается остаточное содержание

селена в остатке после вакуумной дистилляции селенсодержащих пылей с 17,219 до 4,020 % (масс.). При этом степень отгонки селена увеличивается с 84,21 до 95,59 %. Отмечено, что начиная с температуры 450 °С рост степени отгонки из пылей незначителен. Невязка по твёрдым компонентам в результате исследований колебалась от 0,09 при 350 °С до 6,99 % при 550 °С.

В процессе возгонки в горячей зоне наблюдалась конденсация так называемого аморфного стекловидного селена, в холодной – моноклинного красного селена (рисунок 4).

В таблице 7 приведены результаты атомно-эмиссионного качественного спектрального анализа полученного конденсата (усреднённая проба) в результате прямой вакуумной дистилляции селенсодержащих пылей.

Таблица 7 – Результаты атомно-эмиссионного качественного спектрального анализа конденсата после прямой вакуумной дистилляции пылей

T, °C	Te	Hg	As	Mg	Cu	Pb	Al	Fe	Sb	Cr	Si	Ni	Mn	Sn	Se
350	0,1	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	99,786
400	0,1	0,001	0,03	0,01	0,1	0,1	0,03	0,1	0,1	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01	99,289
450	0,1	0,003	0,1	0,01	0,1	0,3	0,03	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01	98,927
500	0,3	0,003	0,3	0,01	0,1	1,0	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	97,377
550	0,3	0,003	0,3	0,01	0,1	1,0	0,3	0,1	0,5	0,1	0,1	0,3	0,1	0,03	96,757



а)

б)

а – конденсат при t=400 °С; б – конденсат при t=550 °С

Рисунок 5 – Фотографии конденсата в разъемном фарфоровом конденсаторе в результате прямой вакуумной дистилляции селенсодержащих пылей

Из приведённых в таблице 7 данных видно, что в результате прямой вакуумной дистилляции пылей в одну стадию получается селен, содержащий от 96,757 % до 99,786 % основного компонента.

На основании проведённого исследования установлен оптимальный температурный режим прямой вакуумной дистилляции селена из пылей

рукавных фильтров аффинажного производства, составивший 450 °С при давлении 0,13 кПа.

Условия проведения поисковых опытов: температура в печи 450 °С, давление в системе 0,13 кПа, продолжительность процесса 5, 10, 20 и 30 минут. Результаты экспериментов приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты экспериментов по прямой отгонке селена из селенсодержащих пылей при различной продолжительности процесса

t, мин.	Степень отгонки Se, %	Выход конденсата, %	Содержание Se в конденсате, %	Выход остатка, %	Содержание Se в остатке, %
5	59,66	31,97	99,362	62,78	27,258
10	89,20	44,09	99,119	49,46	9,256
20	90,92	49,19	99,012	48,66	7,922
30	94,84	49,73	98,927	47,10	4,211

С увеличением продолжительности процесса степень отгонки селена возрастает. Степень прямой отгонки селена составила: за 5 минут – 59,66 %, за 10 минут – 89,2 %, за 20 минут – 90,92 %, за 30 минут – 94,84 %. Остаточное содержание селена в остатках – 27,258 %, 9,256 %, 7,922 % и 4,211 % соответственно. Из полученных данных следует, что максимальная степень вакуумной отгонки селена из пылей достигается за 20–30 минут.

Лабораторные исследования по определению степени отгонки селена в вакууме прямой исходных селенсодержащих пылей в зависимости от давления в системе проведены при температуре в печи 450 °С, продолжительности процесса 30 минут, давлении, кПа: 0,13; 1,33; 6,65 и 13,33. Результаты экспериментов приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты экспериментов по прямой отгонке селена из селенсодержащих пылей

P, кПа	Степень отгонки Se, %	Выход конденсата, %	Выход остатка, %	Содержание Se в остатке, %
0,13	94,84	49,73	47,10	4,211
1,33	93,76	49,91	46,95	6,814
6,65	89,15	53,47	47,01	14,284
13,3	76,15	55,33	47,89	18,271

Из полученных данных следует, что при давлении 0,13 кПа выход конденсата составил 49,73 %, выход остатка 47,1 %, содержание селена

в остатке 4,211 %, степень отгонки селена 94,84 %; при 1,33 кПа выход конденсата составил 49,91 %, выход остатка 46,95 %, содержание селена в остатке 4,391 %, степень отгонки селена 93,76 %; при 6,67 кПа выход конденсата составил 53,47 %, выход остатка 47,01 %, содержание селена в остатке 14,284 %, степень отгонки селена 89,15 %; при 13,33 кПа выход конденсата составил 55,33 %, выход остатка 47,89 %, содержание селена в остатке 18,271 %, степень отгонки селена 76,15 %.

С увеличением давления в системе степень отгонки селена уменьшается, однако увеличивается выход конденсата. Увеличение выхода конденсата с ростом давления в системе, вероятно, связано с окислением селена и конденсацией его оксидных форм.

Показано, что давление оказывает значительное влияние на процесс вакуумного дистилляционного извлечения селена из пылей рукавных фильтров. Оптимальные значения давления в системе для промышленных условий не должны превышать значения 0,65 кПа. При значениях давления $0,13 \div 0,65$ кПа достигается максимальная степень отгонки селена $94,84 \div 93,76$ %.

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании проведенного исследования установлены оптимальные параметры прямой вакуумной возгонки селена из пылей рукавных фильтров аффинажного производства, которые предполагают проводить отгонку селена при 450 °С и давлении менее 0,65 кПа. При этом степень отгонки селена составляет от 90,92 до 94,84 %. Продолжительность дистилляции в промышленных условиях будет зависеть от объема перерабатываемого материала и площади поверхности испарения. Остаточное содержание селена в остатках от дистилляции пылей при оптимальных условиях (более 4 %) связано с наличием в пылях термически устойчивых сложных селенидов цветных металлов, в основном селенидов свинца и серебра ($Pb_2(SO_4)(SeO_4)$, $PbSe$, $PbSeO_4$, $Pb_3+xBi_4-x(S_z-zSe_z)9-0.5x$, Ag_2SeO_3 , Ag_2Se).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кудрявцев, А. А. Химия и технология селена и теллура – М.: Высшая школа, 1961. – 286 с.

2 Зеликман, А. Н., Коршунов, Б. Г. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия, 1991. – 432 с.

3 Наумов, А. В. Состояние и перспективы мирового рынка селена // Цветная металлургия. – 2007. – № 5. – С. 12–20; Наумов А. В. На рынках селена и теллура Японии // Бюллетень иностранной коммерческой информации. – 2008. – № 137. – С. 13–14.

4 Грейвер, Т. Н., Зайцева, И. Г., Косовер, В. М. Селен и теллур. – М.: Металлургия, 1977. – 296 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

М. Ә. Әділқанова¹, С. А. Абдулина², Г. А. Кокаева³, Ж. М. Ықсан⁴

Құрамында селені бар өнімдерден селеннің айдау дәрежесіне негізгі факторлардың әсерін анықтау

^{1,2}Жер туралы ғылымдар факультеті,

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті,

Өскемен қ., 070000, Қазақстан Республикасы;

³Техникалық факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁴Металлургия, машинажасау және көлік факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

M. A. Adilkanova¹, S. A. Abdulina², G. A. Kokayeva³, Zh. M. Yksan⁴

Determination of the influence of the main factors on the degree of distillation of selenium from selenium-containing industrial products

^{1,2}Faculty of Earth Sciences,

D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University,

Ust-Kamenogorsk, 070000, Republic of Kazakhstan;

³Technical Faculty,

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁴Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақалада құрамында селені бар шаңдардан селенді вакуумды айдау үрдісін зерттеумен байланысты сұрақтар қарастырылады. Селен жартымлай өткізгіш техникасында, шыны өндірісінде, каучукты вулканизациялау үшін, фотографияда, кейбір оптикалық және дабылды аспаптарды дайындау кезінде қолданылады. Техникалық селен құрамында 1–2,5 % қоспалары бар сондықтан жартымлай

өткізгіш өндірісіне жарамсыз. Селенді көптеген қоспалардан тазарту қиындығы оның жоғары белсенділігімен түсіндіріледі, сондықтан оның сапасының жақсаруына және өндірісінің кенеттен арттыруына әр түрлі сұлбалар және аппараттар әзірленеді. Құрамында селені бар шаңдардан селенді тура вакуумды айдаудың оптималды жағдайын анықтау және құрамында селені бар шаңдарды қабылдағыш балқыту нәтижесінде алынған, балқымадан селенді вакуумды айдау анализі жүргізіледі. Зерттеу нәтижесінде алынған берілгендер вакуумды айдау әдісімен кондиционды емес құрамында селені бар аралық өнімдерден маркалы селенді алу үрдісін жақсарту үшін қажетті мәліметтерді толықтырады. Селен құрамындағы әсіресе жағымсыз қоспалар олар мышьяк, сынап, висмут, мыс, никель, теллур, күкірт.

The article deals with the questions connected with the investigation of the process of vacuum sublimation of selenium from selenium-containing dusts. Selenium is mainly used in semiconductor technology, in the glass industry, in the vulcanization of rubber, in photography and in the manufacture of certain optical and signal devices. Technical selenium contains 1–2.5 % impurities and is not suitable for semiconductor production. The difficulty of cleaning selenium from many impurities is due to its high activity, so various schemes and apparatus are being developed that ensure a sharp increase in its production and improve its quality. The analysis of vacuum sublimation of selenium from the melt, obtained as a result of the fusion of selenium-containing dusts, and the determination of the optimum conditions for direct vacuum distillation of selenium from selenium-containing dusts are carried out. The data obtained as a result of the research supplement the information necessary for further improvement of the process of obtaining brand selenium from substandard selenium-containing industrial products by the vacuum distillation method. Particularly undesirable impurities in selenium are arsenic, mercury, bismuth, copper, nickel, tellurium, sulfur.

ГРНТИ 31.19.15

К. Х. Жапаргазина¹, А. А. Карамурзина²

¹к.х.н., профессор, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Факультет химических технологий и естествознания, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ²kotik_official_page@inbox.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФЕРРОСИЛИЦИЯ

В статье приведены теоретические основы физико-химических методов анализа ферросилиция, применяемые для определения кремния, алюминия, фосфора, марганца, описано влияние данных компонентов на свойства сплава. Указаны государственные стандарты, в которых регламентированы существующие методы определения аналитического состава ферросилиция. Изложены достоинства и недостатки, точность измерения и области применения этих методов. Приведена иллюстрация общих схем выполнения методики анализов, изложены рекомендации для рационального выбора условий и реагентов. Приводится формула расчета результатов определения в фотоколориметрии и алгоритм построения градуировочного графика, представлена принципиальная схема однолучевого фотоэлектроколориметра.

Осуществлена характеристика нормативов точности и контроля химических элементов, в которых указаны допускаемые расхождения и погрешности результатов при определенных диапазонах процентного содержания компонентов ферросплава.

Ключевые слова: ферросилиций, химические методы анализов, кремний, алюминий, фосфор, марганец, аналитический контроль.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день черная металлургия играет значительную роль в сферах экономического, политического развития государства. Современные технологии наряду с традиционными методиками анализа химического состава материалов позволяют вывести контроль качества металлургической продукции на более высокий уровень. Основной задачей является

правильный выбор метода анализа материала, который играет ключевую роль в повышении эффективности производства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ферросплавное производство является важной частью современной черной металлургии. Появление новых производителей, повышение требований к качеству ферросплавов привели к совершенствованию методов определения химического состава ферросилиция.

Ферросилиций представляет собой сплав железа с кремнием. Основным элементом является кремний.

Низкокремнистые сорта ферросилиция применяются для предварительного раскисления стали в печи, высококремнистые – для раскисления и легирования стали в печи и в ковше [1].

Сплавы, содержащие 50–60 % Si, при взаимодействии с влагой воздуха могут рассыпаться в порошок; склонность этих сплавов к рассыпанию усиливается с повышением содержания фосфора. В связи с этим содержание фосфора в высококремнистом ферросилиции допускается только до 0,03–0,05 %. Влияние на рассыпаемость и ухудшению механических свойств ферросплава оказывает также повышенное содержание алюминия, серы [2].

Поэтому контроль кремния и вредных примесей в сплаве является весьма актуальной задачей.

Выбор методов определения химического состава зависит от диапазонов процентного содержания, которые нормируются по ГОСТ 1415-93 [3].

Таблица 1 – ГОСТ 1415-93 Ферросилиций. Технические требования и условия поставки

Марка	Si	Массовая доля, %					
		C	S	P	Al	Mn	Cr
		не более					
ФС90	Свыше 87 до 95	0,1	0,02	0,03	3,5	0,3	0,2
ФС75	≥ 74 ≥ 80	0,1	0,02	0,04	3,0	0,4	0,3
ФС70	≥ 68 ≥ 74	0,1	0,02	0,04	2,0	0,4	0,4
ФС65	≥ 63 ≥ 68	0,1	0,02	0,05	2,5	0,4	0,4
ФС50	≥ 47 ≥ 52	0,1	0,02	0,05	1,8	0,6	0,5
ФС45	≥ 41 ≥ 47	0,2	0,02	0,05	2,0	1,0	0,5
ФС25	≥ 23 ≥ 29	0,8	0,02	0,06	1,0	1,0	0,8

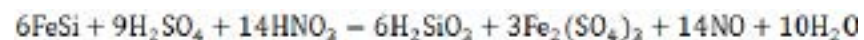
В существующем государственном стандарте ГОСТ 13230.1-93 на метод определения кремния в ферросилиции регламентирован гравиметрический метод [4].

Данный метод является одним из наиболее старых классических методов количественного анализа, основанный на точном измерении массы аналита или его составных частей, выделенных в виде соединений точно известного, постоянного состава.

Точность определения при гравиметрическом методе составляет 0,1–0,2 %, иногда 0,005–0,01 %. Благодаря этим достоинствам метод используют при арбитражных анализах, для аттестации эталонных образцов, для определения стандартных растворов. К числу достоинств гравиметрии относится также отсутствие каких-либо стандартизаций или градуировок по стандартным образцам.

Для определения кремния в ферросилиции применяют метод осаждения: растворяют металл в кислотах, при этом кремний выделяется в виде кремниевой кислоты из сернокислого раствора, добавляя окислитель – азотную кислоту, прокаливанием кремниевой кислоты до диоксида кремния и удалении в виде тетрафторида кремния путем обработки осадка фтористоводородной кислотой.

При растворении сплава в кислотах силициды разлагаются с образованием кремневой кислоты:



При обезвоживании кремневой кислоты она переходит в кремневый ангидрид SiO₂. Последний может быть взвешен и по его весу определено содержание кремния.

Однако гравиметрический метод имеет ряд недостатков: длительность проведения анализа, трудоемкость, малая избирательность за счет того, что большинство осадителей не являются селективными реагентами и приходится проводить предварительное разделение компонентов с целью выделения аналита [5].

Нормы точности и нормативы контроля точности определения массовой доли кремния приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Нормы точности и нормативы контроля точности, %

Массовая доля кремния	Погрешность результатов анализа Δ	Допускаемое расхождение			
		двух средних результатов анализа, выполненных в различных условиях, d_x	двух параллельных определений d_2	трех параллельных определений d_3	результатов анализа стандартного образца и аттестованного значения δ
От 8 до 10 включ.	0,16	0,20	0,17	0,20	0,11
Св.10 » 20 »	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2
» 20 » 50 »	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3
» 50 » 95 »	0,7	0,8	0,7	0,8	0,4

Для определения таких примесей, как алюминий, марганец применяется титриметрический метод. В титриметрическом (объемном) анализе неизвестное количество растворенного вещества определяют не по количеству продукта реакции, а по расходу раствора реагента. Раствор, расход которого измеряют, содержит реагент титранта в определенной концентрации. По объему израсходованного титранта можно рассчитать количество определяемого вещества. Кроме того, должно четко фиксироваться окончание реакции.

Данный метод характеризуется быстротой проведения анализа, простым оформлением оборудования, универсальностью метода: пригоден для анализа органических и неорганических веществ, водных и неводных растворов; высокая чувствительность (до 10^{-3} моль/л), избирательность и точность метода.



Рисунок 1 – Общая схема титриметрического анализа

Широко используют титриметрический трилометрический метод определения алюминия в ферросилиции. Этим методом предусматривается предварительное осаждение алюминия аммиаком или уротропином из

фторсодержащих растворов, а затем мешающие элементы отделяют гидроксидом натрия.

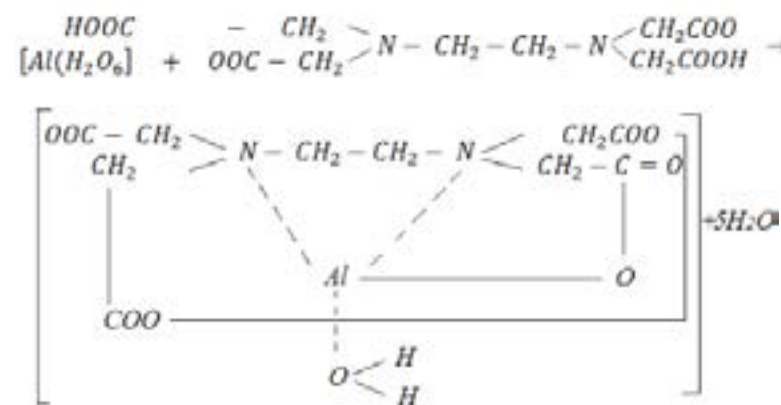


Рисунок 2 – Взаимодействие алюминия в виде алюмината с трилоном Б

Метод основан на образовании рН 4,5–5,5 бесцветного внутрикомплексного соединения алюминия с трилоном Б, взятым в избытке, который затем оттитровывают раствором уксуснокислого цинка в присутствии индикатора ксиленолового оранжевого до перехода окраски из желтой в малиново-красную [6].

Нормы точности и нормативы контроля точности определения массовой доли алюминия приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Нормы точности и нормативы контроля точности определения массовой доли алюминия

Массовая доля алюминия	Погрешность результатов анализа Δ	Допускаемое расхождение			
		Двух средних результатов анализа, выполненных в различных условиях, d_x	Двух параллельных определений d_2	Трех параллельных определений d_3	Результатов анализа стандартного образца и аттестованного значения δ
От 0,02 до 0,05 включ.	0,009	0,011	0,009	0,011	0,006
Св. 0,05 » 0,1 »	0,017	0,021	0,017	0,021	0,011
» 0,1 » 0,2 »	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02
» 0,2 » 0,5 »	0,05	0,06	0,05	0,06	0,03

» 0,5 » 1,0 »	0,06	0,08	0,07	0,08	0,04
» 1,0 » 2,0 »	0,09	0,11	0,09	0,11	0,06
» 2,0 » 5,0 »	0,14	0,18	0,15	0,18	0,09

Современную аналитическую химию, особенно химическую и металлургическую промышленности, невозможно представить себе без фотометрических методов анализа. Это дешевый и нетребовательный к квалификации персонала метод. Важнейшей составляющей этого метода испытаний являются приборы, устройства, позволяющие регистрировать интенсивность света в определенном диапазоне длин волн.

В химическом анализе ферросилиция применяется фотоколориметрический метод определения фосфора ГОСТ 13230.4-93. Достоинствами метода является простота аппаратуры, быстрота анализа. Погрешность обычно на уровне 1–2 %. Фотометрический анализ относится к методам средней чувствительности, без дополнительных операций обычно не удастся фотометрировать растворы с концентрацией, меньшей 1 мкг/мл. Определению мешают все окрашенные вещества, содержащиеся в пробе.

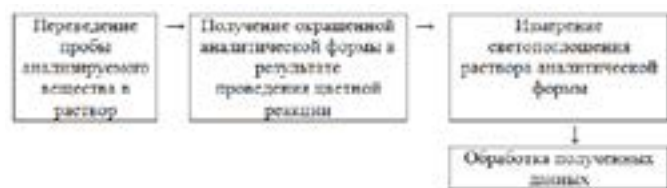


Рисунок 3 – Общая схема фотоколориметрического метода

Сущность метода заключается в прохождении светового потока через кювету или пробирку, наполненную испытуемым окрашенным раствором. Прошедший через раствор световой поток принимается фотоэлементом, в котором световая энергия превращается в электрическую. Возникающий при этом электрический ток измеряют при помощи чувствительного гальванометра. Сила электрического тока, возникающего при действии световой энергии на фотоэлемент, прямо пропорциональна интенсивности освещения.

Для определения этим методом концентрации исследуемого вещества измеряют оптическую плотность исследуемого раствора и эталонного раствора, концентрация которого известна, при одинаковой толщине слоя. Измерение поглощения проводят с помощью фотоэлектроколориметров в интервале длин волн 315–980 нм [7].

Следовательно, основными параметрами фотометрического определения являются длина волны, при которой производится измерение, толщина кюветы и концентрация светопоглощающего вещества [8].

ВЫВОДЫ

Аналитический контроль дает возможность оценить качество ферросплава, проверить ход технологического процесса, добиться наиболее экономичного расходования сырья, электроэнергии, своевременно устранить брак.

В настоящее время точность методов химического анализа обуславливается требованиями производства и должна быть достаточной для получения правильных результатов. Для контроля производства большое значение имеет точность анализа, скорость выполнения анализа, минимальные капитальные затраты, воспроизводимость и несложность выполнения определений элементов.

Для достижения таких параметров необходимо усовершенствование методов, разработка современных передовых методик в области аналитической химии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Розенцвейг, Я. Д., Шведов, Л. В., Венецкий, С. И., Справочник ферросплавщика / Я. Д. Розенцвейг. – М. : Металлургия, 1963. – 344 с.
- 2 Рысс, М. А., Производство ферросплавов / М. А. Рысс. – М. : Металлургия, 1985. – 343 с.
- 3 ГОСТ 1415-93 Ферросилиций. Технические требования и условия поставки.
- 4 ГОСТ 13230.1-93 Ферросилиций. Методы определения кремния.
- 5 Радион, Е. В., Классические методы анализа: практическое применение / Е. В. Радион. – Минск : БГТУ, 2013. – 76 с.
- 6 Мирошниченко, В. В., Лунев, В. В., Грищенко, С. Г., Химический анализ материалов металлургической и ферросплавной промышленности / В. В. Мирошниченко. – Запорожье, ЗГГКТ «ДМ», 2000. – 329 с.
- 7 Грошев, А. П., Технический анализ / А. П. Грошев. – М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1958. – 431 с..
- 8 [Электронный ресурс]. – <http://allrefs.net/c49/47kvb/p27/>.
- 9 Клячко, Ю. А., Руководство по аналитической химии / Ю. А. Клячко. – М. : Издательство «МИР», 1975. – 454 с.

10 Степин, В. В., Курбатова, В. И., Федорова, Н. Д., Анализ черных металлов и сплавов / В. В. Степин. – М. : Металлургия, 1980. – 267 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

К. Х. Жапаргазина¹, А. А. Карамурзина²

Ферросилицийдің химиялық құрамын анықтаудың физико-химиялық әдістері

^{1,2}Химиялық технологиялар және жаратылыстану факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал поступил в редакцию 19.12.18.

К. К. Zhapargazina¹, A. A. Karamurзина²

Physical-chemical methods for determination of the chemical composition of ferrosilicon

^{1,2}Faculty of Chemical Technology and Natural Sciences,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Мақалада кремнийді, алюминийді, фосфорды, марганецты анықтау үшін қолданылатын ферросилиций талдауының физико-химиялық әдістерінің теориялық негіздері келтіріліп, берілген құрамдастардың қорытпа қасиеттеріне әсер етуі сипатталған. Ферросилицийдің аналитикалық құрамын анықтаудың қолданыстағы әдістерін реттейтін мемлекеттік стандарттар көрсетілген. Бұл әдістердің артықшылығы мен кемшіліктері, өлшеу нақтылығы мен қолдану аясы баяндалған. Шарттар мен реагенттерді тиімді таңдау үшін ұсыныстар жазылып, талдау әдістемесі орындалуының жалпы сұлбалардың мысалы келтірілген. Сатыланған кестені құрудың алгоритмі және фотоколориметрияда анықтау нәтижелерін есептеудің формуласы, бірсәулелі фотоэлектроколориметрдің қағидалық сұлбасы келтірілген.

Ферроқорытпа құрамдастарының пайыздық мөлшерінің белгілі бір ауқымдарында нәтижелердің қателіктері мен рұқсат етілетін айырмашылықтары көрсетілген, химиялық элементтердің бақылауы мен нақтылық көрсеткіштерінің сипаттамасы жүзеге асырылған.

The theoretical foundations of the physical-chemical methods for analyzing ferrosilicon used to determine silicon, aluminum, phosphorus, manganese are represented in the article, and the influence of these components on the properties of the alloy is described. State standards are specified, which regulate existing methods for determining the analytical composition of ferrosilicon. The advantages and disadvantages, the accuracy of measurement and the scope of these methods are stated. The illustration of general schemes for the implementation of the analysis methodology is given, recommendations for the rational choice of conditions and reagents are set out. The formula for calculating the results of the determination in photocolorimetry and the algorithm for constructing a calibration graph are given, and a schematic diagram of a single-beam photoelectric colorimeter is presented.

The characteristics of the accuracy and control of chemical elements, in which the allowed discrepancies and errors in the results are indicated for certain ranges of the percentage content of the components of the ferroalloy.

**К. К. Жумагулов¹, Ю. А. Цыба²,
Р. М. Мустафина³, Е. Ж. Сарсикеев⁴**

¹д.т.н., профессор, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Институт электроэнергетики и электротехники, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050013, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴PhD, зав. кафедрой, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ¹kuanysht234@list.ru; ²astro_x@sibmail.com; ³kislovpsu@mail.ru; ⁴sarsikeev.ermek@yandex.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ПРОВОЛОКИ НА СТАНАХ С ПРОТИВОНАТЯЖЕНИЕМ

Оптимизация режимов работы волочильных станков требует решения двух основных задач: оптимизация технологического режима волочения и оптимизация автоматического управления станом. В статье рассматриваются критерии оптимального управления и регулирования волочильными станами, которые обеспечивают повышение производительности и уменьшение удельных энергетических затрат. Критерием качества управления приводами волочильных станков является наилучшее поддержание заданного технологического режима волочения. При этом система автоматизированного электропривода прямого типа волочильного стана должна иметь структуру, способную оптимально управлять технологическим процессом. Под оптимальностью следует понимать показатели экономической эффективности, такие как максимальная производительность, минимум эксплуатационных затрат. В результате проведенного исследования установлено, что критерием оптимального управления является достижение минимума тяговых усилий (потребляемой мощности) каждого вытяжного барабана; критерием оптимального регулирования – достижение минимума отклонения величины противонапряжения от заданных значений; критерием стабильности процесса является

снижение заданного уровня противонапряжения на 30...40 % от экономически оптимального значения; для реализации критерия оптимального регулирования наибольшее предпочтение следует отдать режиму мягкой стабилизации тяговых усилий.

Ключевые слова: оптимизация режимов волочильных станков, оптимизация энергетических затрат, критерии оптимального управления и регулирования.

ВВЕДЕНИЕ

При оптимизации режимов работы волочильных станков решаются две принципиально различные задачи: оптимизация технологического режима процесса волочения и оптимизация автоматического управления станом [1]. Первая задача означает нахождение оптимальных силовых параметров волочения, обеспечивающих наибольшую производительность при минимальных энергозатратах. Решение второй задачи должно обеспечить наилучшее поддержание заданного технологического режима волочения и в случае необходимости его корректировки, она подчинена первой, являющейся, по сути, основным критерием оптимизации.

Для решения первой задачи необходимо выбрать критерии оптимальности, в качестве которых могут быть приняты различные технико-экономические показатели. Среди них наиболее широкое распространение получили производительность и удельные энергозатраты.

Критерием качества управления приводами волочильных станков является наилучшее поддержание заданного технологического режима волочения. При этом система автоматизированного электропривода прямого типа волочильного стана должна иметь структуру, способную оптимально управлять технологическим процессом. Под оптимальностью в этом случае также следует понимать показатели экономической эффективности, такие как максимальная производительность, минимум эксплуатационных затрат.

Производительность стана при заданном технологическом режиме зависит от выбранной скорости волочения и в значительной степени от обрывности обрабатываемого материала. Эксплуатационные расходы, определяемые системой электропривода, зависят в первую очередь от количества энергии, потребляемой станом.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим причины обрывности проволоки исходя из условия равновесия мощностей в межбарабанном промежутке при установившемся процессе волочения

$$N_{Ti} = N_{Pi} + N_{Qi} = M_{Ci} \times \omega_{\theta i} + N_{Qi+1}, \quad (1)$$

где N_{Ti} – мощность, подводимая к очагу деформации тянущим усилием Т через передний конец проволоки;

N_{Pi} – мощность давления на волоку;

N_{Qi} – мощность противонатяжения подводимая к очагу деформации через задний конец проволоки;

M_{Ci} – статический момент волочения;

$\omega_{\theta i}$ – скорость вращения барабана;

N_{Qi+1} – мощность противонатяжения подводимая к очагу деформации через передний конец проволоки.

При анализе уравнения (1) допустим, что противонатяжение в межочаговом промежутке отсутствует, то есть $N_{Qi} = 0$. Тогда мощность усилия волочения становится равной мощности давления на волоку, и поскольку сечение проволоки на выходе волоки минимальное, то вероятность обрыва после нее будет наибольшей. Если допустить, что давление металла на волоку пренебрежительно мало (случай внеконтактной деформации при значениях противонатяжений близких к критическому значению), то усилие волочения и противонатяжение уравниваются и вероятность обрыва также наибольшая в минимальном сечении, то есть после волоки. Во всех остальных случаях, мощность усилия волочения равна сумме мощностей сил противонатяжения и давления на волоку и приложена в зоне наибольшей вероятности возникновения обрыва проволоки. Следовательно, в качестве критерия безобрывного многократного процесса волочения следует принять минимум суммы усилий волочения для заданного маршрута

$$\xi_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_i = \sum_{i=1}^n N_i = \min, \quad (2)$$

достижение которого возможно исключительно путем минимизации отдельно каждого усилия волочения.

Эксплуатационные расходы в первую очередь зависят от мощности, потребляемой станом при заданной скорости волочения и, во-вторых, от срока службы волочильного инструмента – стойкости волоки. Допустим, что проволока сматывается в бунт на последний барабан и входное противонатяжение отсутствует, тогда согласно (1)

$$\sum_{i=1}^n M_{Ci} \times \omega_{\theta i} = \sum_{i=1}^n N_{Pi} \quad (3)$$

или

$$\sum_{i=1}^n M_{Ci} / R_{\theta i} = \sum_{i=1}^n P_i. \quad (4)$$

Следовательно, сумма тяговых усилий на всех барабанах равна сумме давлений в волоках.

Таким образом, критерием оптимального управления по эксплуатационным расходам можно считать реализацию минимума суммы давлений на волоки:

$$\xi_{\Sigma p} = \sum_{i=1}^n P_i = \min, \quad (5)$$

достижение которого также возможно исключительно путем минимизации отдельно каждого давления на волоку.

В соответствии с законом сохранения энергии применительно к процессу волочения с противонатяжением, оба критерия выполняются при одном и том же значении противонатяжения [1]. На рисунке 1 приведены асимптотические характеристики мощности, потребляемой волочильным станом в зависимости от изменения величины противонатяжения в i -ом промежутке. Характеристики построены для статического режима работы при пренебрежении потерями, как в кинематических передачах стана, так и в его электроприводах. Мощность, потребляемая двигателем i -го барабана, может быть определена как

$$N_{ДВi} = N_{Ti} - N_{Qi+1}. \quad (6)$$

и имеет форму с ярко выраженным минимумом [2].

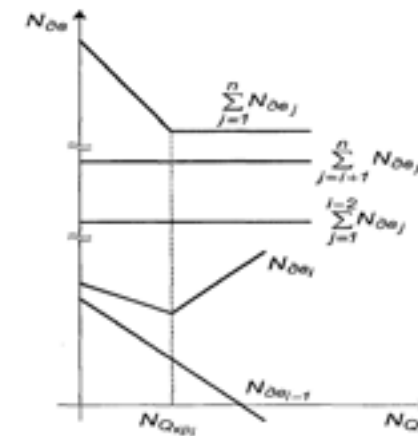


Рисунок 1 – Асимптотические кривые мощности двигателей

Форма мощности i -го двигателя носит убывающий характер с наклоном относительно оси абсцисс равным 45° .

Суммарная мощность, потребляемая всем станом в зависимости от величины противонапряжения в любом его i -ом промежутке в диапазоне значений противонапряжений от $0..Q_{кр}$ убывает, причем скорость убывания превышает скорость роста противонапряжения, а затем остается неизменной вплоть до обрыва проволоки в этом промежутке.

Таким образом, оптимальным с точки зрения приведенных критериев $\xi_{об}$ и $\xi_{эп}$ является режим работы с противонапряжениями во всех промежутках равными критическому значению. Однако, условия работы на границе полного выхода деформации из волоки крайне не стабильны и, как правило, приводят к обрыву проволоки. Действительно, в этом режиме малейшие динамические отклонения удельных сил в проволоке, либо изменение ее механических свойств, согласно диаграмме растяжения металла, приводит к ее обрыву. Кроме того, в этом режиме невозможно выполнить требование по точности к геометрии изготавливаемой проволоки.

Следовательно, необходим третий критерий, определяющий технологический запас и накладывающий ограничения на первые два критерия. Его можно представить в виде

$$\xi_3 = Q_{кр, опт} / Q_{кр} = \xi_{3-1} \times \xi_{3-2} \times \xi_{3-3}. \quad (7)$$

Составляющие представляют собой максимально возможные значения отклонений величин влияющих на противонапряжения:

– изменение предела текучести обрабатываемого металла

$$\xi_{3-1} = \sigma_{max} / \sigma_{опт}; \quad (8)$$

– суммарной ошибки в точности измерения и поддержания усилия волочения (противонапряжения, давления металла на волоку)

$$\xi_{3-2} = 1 - \Delta T_{max}; \quad (9)$$

или $\xi_{3-2} = 1 - \Delta Q_{max}; \xi_{3-2} = 1 - \Delta P_{max};$

– отклонения вытяжки в очаге деформации, связанной как с отклонением входного сечения проволоки, так и максимально возможным износом волоки

$$\xi_{3-3} = \mu_{max} / \mu_{min}. \quad (10)$$

Практически величина третьего критерия может быть задана на уровне $\xi_3 = 0,6..0,7$. При этом достигается как критерий оптимального управления по производительности – $\xi_{об}$ (безобрывное волочение), так и критерий оптимального управления по эксплуатационным расходам – $\xi_{эп}$.

В процессе работы стана отклонение величины противонапряжения от заданного $Q_{кр}$, несмотря на снижение давления P_i на волоку, может привести к соответствующему увеличению силы волочения N_i . Для восстановления равновесия сил на новом уровне соответственно должно измениться тяговое усилие на данном переходе, однако при этом нарушится равенство секундных объемов. Для сохранения равенства необходимо чтобы линейная скорость волочения изменилась обратно пропорционально изменению сечения, т.е. $v_i = v_{i-1} (S_{i-1} / S_i)$. Это приведет к восстановлению значения противонапряжения. Следовательно, критерием оптимального регулирования системы при нарушении равенства секундных объемов, является достижение минимума отклонения противонапряжения от установившегося значения.

Поскольку непосредственное измерение противонапряжений в объекте трудновыполнимо, а тяговое усилие T_i меняется пропорционально изменению противонапряжения, то его можно считать величиной, контролирующей противонапряжение. Поэтому из анализа режимов регулирования силовых параметров волочения в прямоточных станах с противонапряжением [2] можно заключить, что для реализации критерия оптимального регулирования наибольшее предпочтение следует отдать режиму мягкой стабилизации тяговых усилий с использованием в качестве регулятора процесса волочения тягового органа, т.е. воздействие на тяговое усилие T [3].

ВЫВОДЫ

В результате можно сделать следующие выводы:

- критерием оптимального управления является достижение минимума тяговых усилий (потребляемой мощности) каждого вытяжного барабана;
- критерием оптимального регулирования – достижение минимума отклонения величины противонапряжения от заданных значений;
- критерием стабильности процесса является снижение заданного уровня противонапряжения на 30..40 % от экономически оптимального значения;
- для реализации критерия оптимального регулирования наибольшее предпочтение следует отдать режиму мягкой стабилизации тяговых усилий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Жумагулов, К. К., Цыба, Ю. А.** К вопросу оптимального управления и регулирования прямоточными волочильными станами // Труды 3-й международной научно – технической конференции «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях» – Алматы : АИЭС, 2002. – С. 205–207.

2 **Цыба, Ю. А.** Режимы регулирования силовых параметров волочения в прямоточных станах с противонапряжением // Сб. научных трудов по материалам II международной научно-технической конференции. – Ч.3 «Электромеханика» АИЭС. – Алматы, 2000. – С. 138–139.

3 **Малахов, Ю. И., Рябинин, А. И., Цыба, Ю. А., Шадхин, Ю. И.** К вопросу построения оптимальной системы стабилизации противонапряжений прямоточного волочильного стана // МВ и ССО КазССР. Сер.математика и механика. – Алма-Ата, 1972. – С. 142–144.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

К. К. Жумагулов¹, Ю. А. Цыба², Р. М. Мустафина³, Е. Ж. Сарсикеев⁴

Керуге қарсы орнақтарында сымды созу кезіндегі энергия шығынын оңтайландыру

^{1,4}Энергетикалық факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²Электротехника және электроэнергетика институты,
Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы қ., 050013, Қазақстан Республикасы;

³Энергетикалық факультеті
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

К. К. Zhumagulov¹, U. A. Cyba², R. M. Mustafina³, E. Zh. Sarsikeev⁴

Energy consumption optimization on wire drawing machines with a back tension

^{1,4}Faculty of Energy,

S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

²Institute of Electrical Power Engineering and Electrical Engineering,
Almaty University of Power Engineering and Telecommunications,
Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan;

³Faculty of Energy Engineering,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Сымдауыш орнақтардың жұмыс режимін оңтайландыру екі негізгі мәселені шешуді талап етеді: сымдау технологиялық режимін оңтайландыру және орнақты автоматты басқаруды оңтайландыру. Бұл мақалада созу орнақтырын оңтайлы басқару және реттеу критерийлері қарастырылады, ол ол өз ретінде өнімділікті арттыру мен меншікті энергетикалық шығындарды азайтуды қамтамасыз етеді. Созу орнақтарының жетектерін басқарудың басты сапасының өлшемі ретінде берілген созудың технологиялық режимін ең жақсы ұстау болып табылады. Бұл ретте тура ағынды созу орнағының автоматтандырылған электржетегі жүйесінде технологиялық процесті оңтайлы басқара алатын құрылымы болуы тиіс. Оңтайлылығы ретінде ең жоғары өнімділік, ең аз пайдалану шығындары сияқты экономикалық тиімділік көрсеткіштерін түсіну керек. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде оңтайлы басқару критерийіне әрбір сору барабанының тарту күшінің (тұтынылатын қуаттың) минимумына жетуі болып табылатыны анықталды; оңтайлы реттеу критерийі – берілген мәндерден қарсы тарту шамасының ауытқуын соншалықты аз болуына қол жеткізу; процесс тұрақтылығының критерийі қарсы тартылудың берілген деңгейін төмендету болып табылады ол экономикалық оңтайлы мәннің 30–40 %-ын құрайды; оңтайлы реттеу критерийін іске асыру үшін тартымдық күштерді жұмсақ тұрақтандыру режиміне барынша артықшылық беру керек.

Optimization of operating modes for wire drawing machines requires solving two main tasks: optimization of the drawing technological mode and

optimization of the automatic control for wire drawing machines. There is the criteria for optimal control and regulation of wire drawing machines in the article. Criteria provides a productivity increase and energy cost decrease. The criterion for the quality control of the transmission for wire drawing machines is the best maintenance of the specified technological mode of drawing. At the same time, an automated electric drive system of a straight-through wire drawing machine should have a structure which is capable to control the technological process optimally. The optimality means indicators of economic efficiency, such as maximum performance, minimum operating costs. As a result of this research, it was established that the criteria of optimal control is to achieve a minimum of tractive effort (power consumption) of each exhaust drum. The criteria of optimal regulation is to achieve the minimum deviation of the back tension value from the specified values. The criteria of the stability of the process is the reduction of a given level of a back tension by 30–40 % of the economically optimal value. The best preference should be given to the mode of soft stabilization of tractive effort to implement criteria of optimal control.

ГРНТИ 28.19.31

**В. П. Ивель¹, Ю. В. Герасимова²,
С. С. Молдахметов³, П. А. Петров⁴**

¹д.т.н., профессор, Инженерно-технический факультет, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Инженерно-технический факультет, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

³ст. преподаватель, Инженерно-технический факультет, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

⁴ст. преподаватель, Инженерно-технический факультет, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан

e-mail: ¹ivelvic@mail.ru; ²julyvic@mail.ru; ³sayatmoldakhmetov@gmail.com; ⁴paolo1988@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭКГ-СИГНАЛОВ

В данной статье предложен способ реализации беспроводной автоматизированной системы суточного мониторинга сердечной деятельности. Предложенная система медицинской кардиодиагностики основана на использовании технологии Wi-Fi для передачи электрокардиосигналов. Особенностью разработанной системы является повышенное быстродействие и низкое энергопотребление. При этом система кардиодиагностики позволяет производить суточное мониторинг сердечной деятельности. В статье представлены результаты моделирования в среде MATLAB и экспериментальная установка системы передачи электрокардиосигнала для медицинской кардиодиагностики.

Ключевые слова: электрокардиосигнал, электрокардиограф, Холтеровское мониторирование, Wi-Fi-приемопередатчик, Arduino.

ВВЕДЕНИЕ

Холтеровское мониторирование – это непрерывное снятие электрокардиограммы (ЭКГ) у пациентов в течении суток, применяемый при

диагностике сердца, которые невозможно обнаружить при снятии обычной ЭКГ. Данные, зарегистрированные монитором Холтера, становятся известны и могут быть проанализированы только после того, как закончен период регистраций [1, 2]. Поэтому с целью непрерывного контроля ЭКГ пациентов и дальнейшей интерпретации ЭКГ в реальном времени целесообразно использовать непосредственную беспроводную передачу ЭКГ от пациентов на общий сервер в условиях кардиоцентра или на отдельный миникомпьютер в домашних условиях. Такая система позволит оперативно информировать пациента или врача об отклонениях в сердечной деятельности.

В настоящее время существуют беспроводные системы передачи ЭКГ-сигнала, работающие в стандартах Zigbee или Bluetooth. К недостаткам таких систем можно отнести невысокую скорость передачи данных и ограниченное число абонентов [3]. Этим недостаткам лишена сеть Wi-Fi, но ее применение ограничивалось высоким энергопотреблением. Однако в последнее время на рынке беспроводных устройств появились достаточно интересные беспроводные приемопередатчики, которые при сохранении всех необходимых характеристик обладают достаточно низким энергопотреблением. Ярким представителем этого класса устройств является оригинальный приемо-передатчик – Wi-Fi модуль NodeMcu v3 с чипом ESP8266 [4]. Использование данных модулей при построении беспроводных систем Холтеровского мониторирования позволит решить задачи повышения скорости передачи электрокардиосигналов (ЭКС), расширения рабочего диапазона действия и непрерывной работы системы в течении суток и более.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На рисунке 1 представлена функциональная схема системы Холтеровского мониторирования, предназначенная для использования в домашних условиях.

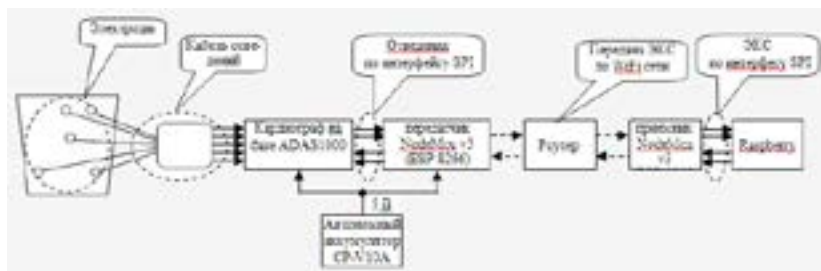


Рисунок 1 – Функциональная схема системы Холтеровского мониторирования

Основные компоненты системы.

1 Специализированный кабель отведений для Холтеровского мониторирования включающий одноразовые электроды.

2 Кардиограф на базе интегральной микросхемы ADAS1000 фирмы Analog Devices [5,6]. Он представляет собой пятиканальный блок аналоговых усилителей с фильтрами и формирователями отведений т.е. специализированная схема для Холтеровского мониторирования. В паре с ним целесообразно использовать комбинированный RISC-DSP процессор Blackfin [2]. RISC-ядро может осуществлять и управление системой, и предварительную обработку данных, и формирование графического интерфейса пользователя. Типичный алгоритм обработки ЭКГ (фильтрация изолинии, подавление шумов и детектирование зубца R) реализуется на сигнальном процессоре.

3 WiFi-передатчик, на который по шине SPI поступают усиленные и отфильтрованные электрокардиосигналы.

4 Роутер, обеспечивающий беспроводную связь между приемопередатчиками.

5 WiFi-приемник принимает ЭКС, поступающие от роутера, и по шине SPI передает их на миникомпьютер класса Raspberry [7].

6 Аккумулятор класса Sony CP-V10A для электропитания элементов автономной части системы.

Программа для передачи сигнала пишется в среде Arduino IDE. Основная задача программы – минимизация времени передачи одного измерения.

Назначение миникомпьютера принимать и интерпретировать ЭКС, а также визуализировать результаты автоматизированной диагностики и передавать их на принтер для распечатки предварительного заключения.

Программа интерпретации ЭКС для Raspberry предварительно создается на персональном компьютере, а затем переносится на Raspberry.

Результаты экспериментов.

Для отладки и настройки параметров беспроводной системы передачи ЭКС, тестирования алгоритмов анализа ЭКГ и различных режимов работы системы необходимо использовать модели сигналов по характеристикам близкие к реальным ЭКС с различными патологиями или копии предварительно записанных реальных ЭКГ-сигналов. Существует архивная база ЭКС PhysioBank ATM [8], которая представляет собой веб-ресурс, содержащий хорошо описанные электрокардиографические сигналы и соответствующее программное обеспечение с открытым исходным кодом для биомедицинского научного сообщества. В приложении к базе ЭКС представлена технология перевода копий ЭКГ в среду Matlab. Используя эту технологию можно записать любую копию ЭКГ в рабочее пространство

Matlab. Для реализации процесса получения реального ЭКС используются пакеты Simulink, Simulink Desktop Real-Time и многофункциональная плата ввода-вывода PCI-1710HG. На рисунке 2 представлена Simulink-модель передачи ЭКС-сигнала, записанного в рабочую память Workspace, на выходные контакты платы PCI-1710HG (Analog Output).

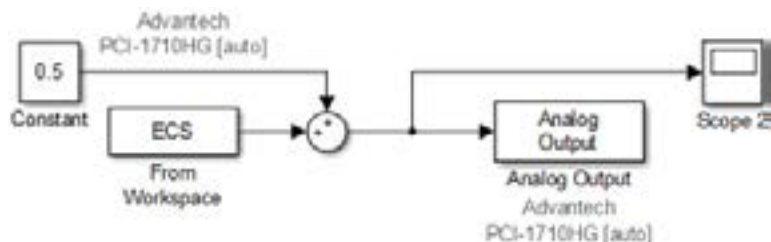


Рисунок 2 – Simulink-модель для получения реального ЭКС-сигнала

На рисунке 3 представлена временная диаграмма электрокардиограммы, полученной путем обработки в среде Matlab реальной ЭКГ из базы PhysioBank ATM.

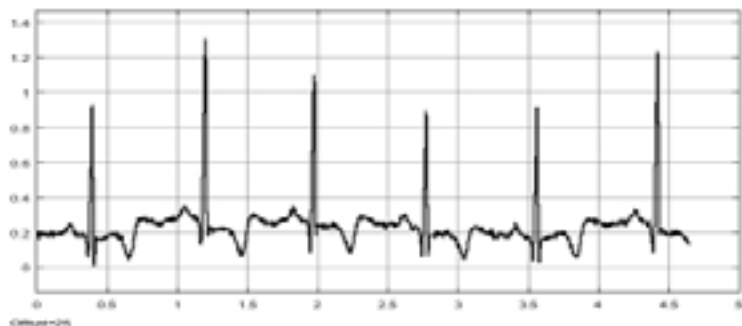


Рисунок 3 – Отладочная схема для системы Холтеровского мониторинга

На рисунке 4 представлена структура системы Холтеровского мониторинга для режима отладки и настройки параметров беспроводной системы передачи ЭКС.

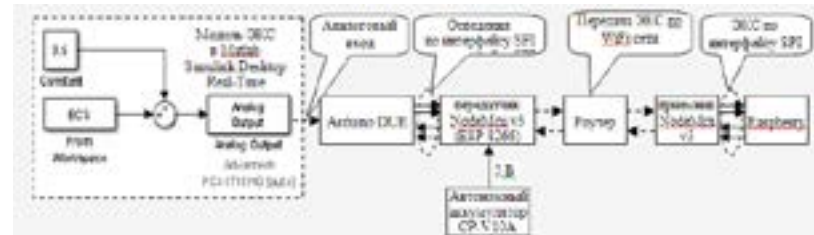


Рисунок 4 – Отладочная схема для системы Холтеровского мониторинга

Схема кроме модели ЭКС в среде Matlab включает платформу Arduino Due на базе процессора Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Эту плату от других платформ Arduino отличает наличие 12-разрядного АЦП и интерфейса SPI для связи с последующими блоками системы. Плата Arduino получает аналоговый сигнал от модели ЭКС и передает его по интерфейсу SPI на передатчик NodeMcu v3 (ESP 8266). Передатчик запрограммирован для передачи сигнала ЭКС по локальной сети WiFi в виде дискретных 2-х байтных измерений через роутер на приемник (также на базе NodeMcu v3). Затем также по интерфейсу SPI сигнал поступает на миникомпьютер Raspberry для окончательной обработки с целью восстановления электрокардиограммы и ее дальнейшей интерпретации [4].

Следует отметить одну особенность алгоритма беспроводной передачи сигнала ЭКС, направленную на снижение энергопотребления системы. Алгоритм передачи сигнала построен так, чтобы исключить передачу информации в моменты времени, когда на электрокардиограмме отсутствуют информативные признаки, т.е. участки ЭКГ, которые соответствуют изолинии сигнала. Таким образом, время передачи информации и время работы приемопередатчиков сокращается на время длительности изолинии ЭКГ и тем самым обеспечивается значительная экономия электроэнергии.

ВЫВОДЫ

Результатом проведенной научно-исследовательской работы является структура беспроводной системы Холтеровского мониторинга ЭКГ, предназначенная для домашнего применения пациентам, которым показано суточное наблюдение за сердечно-сосудистой системой с целью диагностики нарушений ритма и проводимости сердца. Также предложен отладочный комплекс для настройки системы беспроводной передачи ЭКС с использованием открытой базы ЭКГ и программно-аппаратных средств для получения реальных копий ЭКГ с различными патологиями.

Предложенная система беспроводной передачи измерений ЭКГ сокращает время активной работы приемо-передатчиков по предварительной оценке на 30 % и фактически на столько же процентов сокращает расход электроэнергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Zimetbaum, P, Goldman, A.** Ambulatory arrhythmia monitoring: choosing the right device. – Circulation, 2010.

2 **DiMarco JP, Philbrick JT.** Use of Ambulatory Electrocardiographic (Holter) Monitoring. – Ann Intern Med. – 1990.

3 **Ekström, M. C., Bergblomma, M., Lindén, M., Björkman, M., Ekström, M.** Comparison Study of ZigBee and Bluetooth with Regards to Power Consumption, Packet-Error-Rate and Distance. – 2018.

4 **Shiva Pakalapati, G. Chary, Atul Yadaw, Sushil Kumar, Hitesh Phulawariya, Rahul Kumar.** A prosthetic hand control interface using ESP8266 Wi-Fi module and Android application // International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), 2017: 1–3.

5 **Бредерс, Й.-Х.** Интерфейсная микросхема ADAS1000 – оптимальное решение для приборов ЭКГ // Медицинская техника. – № 1(00115). – 2012: 70–75.

6 **Abdelakram Hafid, Sara Benouar, Malika Kedir-Talha, Farhad Abtahi, Mokhtar Attari, Fernando Seoane.** Full Impedance Cardiography measurement device using Raspberry PI3 and System-on-Chip biomedical Instrumentation Solutions // IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics. – 2017.

7 **Vivek Pardeshi, Saurabh Sagar, Swapnil Murmurwar, Pankaj Hage.** Health monitoring systems using IoT and Raspberry Pi – A review. International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA). – 2017: 134–137.

8 **Rashima Mahajan, Dipali Bansal.** Identification of heart beat abnormality using heart rate and power spectral analysis of ECG // International Conference on Soft Computing Techniques and Implementations (ICSCTI). – 2015: 131–135.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

В. П. Ивель¹, Ю. В. Герасимова², С. С. Молдахметов³, П. А. Петров⁴
ЭКГ-сигналарды сымсыз тарату жүйесін әзірлеу технологиясы

^{1,2,3,4}Инженерлік-техникалық факультет,

М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,

Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

V. Ivel¹, Y. Gerasimova², S. Moldakhmetov³, P. Petrov⁴

The ECG signal wireless transmission system development technology

^{1,2,3,4}Faculty of Engineering and Digital Technology,

M. Kozybayev North Kazakhstan State University,

Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Бұл мақалада жүрек қызметін тәуліктік бақылау сымсыз автоматтандырылған электрокардиодиагностика жүйесін әзірлеу тәсілі ұсынылған. Медициналық кардиодиагностика жүйесі электркардиологиялық сигналдарды тарату үшін Wi-Fi технологиясында негізделген. Әзірленген жүйесінің ерекшелігі арттырылған тезәрекеттік және төмен энергия тұтынуы болып табылады. Сонымен бірге кардиодиагностика жүйесі жүректің жұмысының тәуліктік бақылауы жүргізуге мүмкіндік береді. Мақалада MATLAB ортасында үлгілеу нәтижелері және медициналық кардиодиагностика жүргізу үшін электрокардиосигналды тарату жүйесінің эксперименттік қондырғысы ұсынылған.

This article proposes one of the methods for implementing a wireless automated system of daily monitoring of cardiac activity. For the transmission of electrocardiograms the proposed medical cardiodiagnostic system is based on Wi-Fi technology. A feature of the developed system is increased speed and low power consumption. The cardiodiagnostic system allows to perform daily monitoring of the cardiac activity. The article highlights the results of simulation in MATLAB and an experimental inverter unit of medical electrocardiograms transmission signals system.

**Н. А. Испулов¹, А. Ж. Жумабеков²,
К. К. Кадиров³, С. А. Камашев⁴**

¹ф-м.ғ.к., қауымд. профессор, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

²докторант, Е. А. Букетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қарағанды қ., 120000, Қазақстан Республикасы;

³физика пәнінің мұғалімі, Ш. Айманов атындағы мектеп-интернаты, Баянауыл ауылы, Павлодар обл., 140000, Қазақстан Республикасы;

⁴магистр, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы
e-mail: ⁴s_kamashev@mail.ru

ARDUINO МИКРОБАҚЫЛАУШЫСЫН ПАЙДАЛАНЫП АУАДАҒЫ ГАЗ БУЛАРЫН ТІРКЕУ

Бұл мақалада Arduino микробақылаушысы көмегімен ауадағы газ құрамын анықтау үшін тәжірибелік сұлба құрастырылып, басқармаға хабарлайтын бағдарлама жазылды. Басқа микробақылаушылар көмегімен жасалынған құрылғылармен салыстырғанда – бұл жұмыстың ерекшелігі заманауи MQ-4 датчигін қолдану, оның қарапайымдылығы, арзандылығы, тұрмыста қолдану мүмкіндігі және тіркейтін газдардың түрлілігі болып отыр. Arduino микробақылаушысы көптеген әр түрлі құрылғылар жасауға, тұрмыста не болмаса өнерәсіпте мүмкіндік береді. Жұмыстың нәтижесінде датчик ауа құрамындағы газдардың болуын ешбір кедергісіз тіркеді. Осындай қарапайым құрылғылар арқылы «Ақылды баспана» компоненттерін құрастыру арқылы болашақта қол жеткізуімізге мүмкіндік туғызады.

Кілтті сөздер: Arduino микробақылаушысы, MQ-4 датчигі, газ шығынын тіркеу, аналогті түрлендіргіш, сандық түрлендіргіш.

КІРІСПЕ

Қазіргі кезеңдегі ғылыми-техникалық прогресс пен өнеркәсіп өндірісі қарқынды дамыған жағдайында ақылды технологияларды құру және оның тұрмысымызда, өнеркәсіпте кең қоланылуы өзекті мәселелердің бірі. Қоршаған ортаның негізгі компоненттері – атмосфералық ауаның ластануы қазіргі кезеңде адам денсаулығына, ауқымды және аймақтық климаттық жағдайға айтарлықтай әсерін тигізуде.

Ластаушы заттардың негізгі түрлері газ тәрізді заттар. Осы ұсынылып отырған жұмысымыздың өзектілігі қоршаған ортамызда көптеп тараған газ түрлерінен хабардар болып, қауіпсіздік шараларының алдын алу мәселесі. Тұрмыстағы тұтынатын қарапайым газ пештерінен, автокөліктерден және өндіріс нысандарынан шығатын улы қалдықтарды азайту және олардың қанша мөлшерде бар екенін білу өзекті мәселе болып отыр.

Осы құрылғы жинағымыздың көмегімен қарапайым тұрмыста қолданылып отырған газ пештерінен техникалық ақаулары бар не жоқ екенін анықтап тексердік, және газ қондырғысы орнатылған автокөлік салонының ішінде газ қалдықтары жоқ екеніне көз жеткізіп, қондырғыда ақау болмағанын анықтап көрдік.

Газ – заттың атомдары мен молекулалары бір-бірімен әлсіз байланысқандықтан, кез келген бағытта еркін қозғалатын және өзіне берілген көлемге толық жайылып орналасатын агрегаттық күйі. Негізгі тұрмыстағы газдар пропан, бутан, неон және т.б. [1]

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

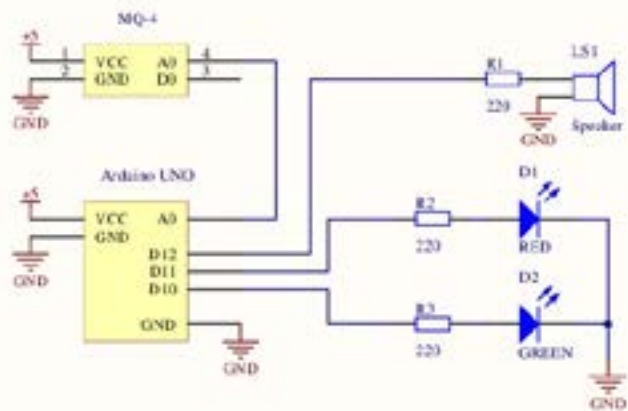
Біздің жұмысымыздағы MQ-4 газ анықтағыш датчигі кез келген тұрмыстық жағдайларға қолайлы. Ол газдың бөлінісін яғни метан, пропан, бутан сияқты қарапайым тұрмыста жиі қолданылатын газдарды сезгіш датчик болып табылады. Газ анықтау жүйесі келесілерге мүмкіндік береді:

- улы газдарды анықтау және жұмысшыларға қауіп туралы хабар беру;
- барлық территорияны дыбыстық дабылмен қамтамасыз ету.

Улы газдарды анықтау алаңның барлық жерінде орналастырылған жылжымайтын детекторларымен жүргізіледі. MQ-4 датчигі белгіленген шоғырлануында өздігінен іске қосылады және «өртпен газдың пайда болу себептері» сұлбесінде көрсетілгендей дабыл және апаттық тоқтату жүйелерін іске қосады.

Тұрмыстық газ (пропан) өрт немесе жарылыстың пайда болуына маңызды қауіп-қатер тудыратыны барлығымызға мәлім. Газды қолдану мен байланысты өрттердің баршасы баллондарды немесе газ плиталарды дұрыс емес пайдаланғандықтан туындайды. Тұрмыста газ плиталары мен баллондарды дұрыс пайдалану жауапкершілігі үй иелеріне жүктеледі. Осындай қауіпсіздіктің алдын алу шараларын үнемі оңай тәсілмен анықтау үшін MQ-4 газ сезгіш датчигі арқылы бақылап, қадағалап тұруға болады.

Ардуино платформасы 2 бөліктен тұратыны мәлім [2–4]. Тұрмыстағы газдың шығуын анықтау үшін кішігірім сұлба арқылы сұлбаны құрастырайық.



Сурет 1 – MQ-4 датчигін Arduino микробақылаушысына қосу

Сұлбаға сәйкес Arduino-ның UNO платформасы қолданылды. Газды сезетін датчик MQ-4, дыбысты шығаратын құрылғы – зуммер, екі жарық диодтары – қызыл және жасыл, 3 дана 220 Ом кедергілері және өткізгіш сымдар – барлығы макетті платаның бетіне сұлба бойынша құрастыру үшін қажет.

Arduino контроллеріне қуат көзі келгенде оған жүктелген сол бағдарламаны орындау автоматты түрде басталады, егер бағдарлама жоқ болса немесе дұрыс жазылмаса, іркіліс болады, ол не команданы орындауды тоқтатады, не бағдарламаның кіріптарлығына әкеледі. Орындалатын бағдарламаның нөмірі жадының арнайы ұяшығында сақталады, ол команда санаушы деп аталады.

Өткізгіш сымдар арқылы барлық датчиктер мен жарық диодтарын қосамыз. Arduino-да аналогты және сандық түрлендіргіш болғандықтан, аналогты A0-ден зуммерге өткізгіш жүргіземіз, екінші өткізгіш арқылы 5В кернеу береміз [5–7].

Жұмыс істеу принципі бойынша MQ-4 датчигі газды сезетін болса, қызыл жарық диоды жанады да, зуммер дыбыс шығара бастайды. Ал оған дейін жасыл жарық диоды жанып тұрады. Зуммер өз алдынан D10 сандық портына, ал жасыл және қызыл жарық диодтары D11 және D12 сандық порттарына сәйкесінше қосылады.

MQ-4 датчигі өз алдынан ерекше құрылғы болып табылады. Оның 6 контактісі бар, 4-і сигналды қабылдау үшін, ал 2-і қыздыратын токпен қамтамасыз ету үшін қолданылады. Қолданылар алдында кедергілеріне байланысты датчикке калибровкасы жасалынды, яғни қоршаған ортаның

температурасы мен ылғалдылығы ескерілді. Датчик көмегімен тұрмыстағы және өнеркәсіптегі газ шығынын, табиғи газды, СН₄ жоғары сезімталдығы, алкоголь және темекі түтініне кішігірім сезімталды, сутек, көмірқышқыл газын және т.б. анықтауға мүмкіндік береді.

Arduino жобаларында қолданылатын бағдарламалау тілінің негізіне, төменгі деңгейдегі командалармен жұмысты, сондай-ақ күрделі объектілерді құруды қолдайтын ең кеңінен пайдаланылатын бағдарламалау тілдерінің бірі С++ салынған. Arduino-да бағдарламаны сұлбаға сәйкес скетчтері аталмыш тілінде бір-бірін ескеретін командалар арқылы жазылған болатын.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмысым арқылы қарапайым сұлба құрасытырып, үйдегі газ шығынын тексеруге болады. Алдыңғы жұмыстарымыз сияқты Arduino микробақылаушысын қолдану арқылы «Ақылды баспана» компоненттерін құрастыру жолдарының бірі. «Ақылды баспана» – бұл қазіргі уақытта минималды экономикалық шығындар арқылы адамның өмір сүруін қамтамасыз ететін жоба. Ал газ шығынын тексеретін датчик үйдегі газ деңгейін тексеріп отырып, үй иесіне хабардар етіп отырады.

Кез келген роботтың мәні – бұл процессорлық базасы және бағдарламасы (немесе бағдарламалар жинағы) бар аппараттық құралдар. Сондықтан, бағдарламалау тіпті ең қарапайым роботты құру процесінің ажырамас элементі болып табылады. Оқушылар Arduino модулін бағдарламалауды үйренгеннен кейін, қатарына роботтар да жататын қызықты және пайдалы электронды құрылғыларды құруға дайын болады. Arduino жобасымен танысқаннан соң оқушылар робот жасауды өзінің болашақ мамандығы ретінде таңдауына болады.

Бүгінде әлем Төртінші өнеркәсіптік революция дәуіріне, технологиялық, экономикалық және әлеуметтік салалардағы терең және қарқынды өзгерістер кезеңіне қадам басып келеді [8]. Жаңа технологиялық қалып біздің қалай жұмыс істейтінімізді, азаматтық құқықтарымызды қалай іске асыратынымызды, балаларымызды қалай тәрбиелейтінімізді түбегейлі өзгертуде.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 **Яворский, Б. М., Детлаф, А. А.** Справочник по физике: для инженеров и студентов ВУЗов. – М. : Наука, 1968. – С. 248–250
- 2 **Банци, М.** Arduino для начинающих волшебников. – М. : Рид Групп, 2012. – 128 с.
- 3 **Белов, А. Б.** Конструирование устройств на микроконтроллерах. – СПб. : Наука и техника. – Вып. 9 – 2005. – 255 с.

4 Arduino, датчики и сети для связи устройств / ИгоТ. : Пер. с англ. – 2-е изд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2015. – 544 с.

5 Горчаков, Л. В., Тлеукунов, С. К., Испулов, Н. А., Жумабеков, А. Ж. О разработке установки на основе эффекта Пельтье/ Вестник ПГУ № 1, Павлодар : Кереку баспасы, 2014. – 19–21 с.

6 Испулов, Н. А., Жумабеков, А. Ж., Абдрахманов, А. Б., Нургожина, М. Об измерении температуры термистором с помощью микроконтроллеров Arduino / Вестник КарГУ № 1, Караганда: серия «Физика», 2017. – 73–81 с.

7 Горчаков, Л. В., Жумабеков, А. Ж. Термостабилизатор на элементе Пельтье под управлением Ардуино / 8 международная научно-практическая конференция «Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве, РФ, Протвино, 2014. – 701–702 с.

8 Н. Ә. Назарбаев «Қазақстанның үшінші жаңғыруы: жаһандық бәсекеге қабілеттілік» Қазақстан халқына Жолдауы, 31 қаңтар 2017ж. <http://www.akorda.kz>

9 Бродин, Б. В., Шагурин, И. И. Микроконтроллеры: справочник. – М. : ЭКОМ, 1999. – 395 с.

10 Вуд, А. Микропроцессоры в вопросах и ответах / А. Вуд.; пер. с англ.; под ред. Д. А. Поспелова. – М.: Энергоатом-издат, 1985. – 184 с.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

Н. А. Испулов¹, А. Ж. Жумабеков², К. К. Кадиров³, С. А. Камашев⁴

Использование микроконтроллера Arduino для регистрации газовых паров в воздухе

^{1,4}Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова, г. Караганда, 120000, Республика Казахстан;

³Школа-интернат имени Ш. Айманова, с. Баянауыл, Павлодарская обл., 140000, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

N. A. Ispulov¹, A. Zh. Zhumabekov², K. K. Kadirov³, S. A. Kamashev⁴

Use of the Arduino microcontroller to register gas vapors in the air

^{1,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

²E. A. Buketov Karaganda State of University, Karaganda, 120000, Republic of Kazakhstan;

³School-internat named after Sh. Aymanov, Bayanaul, 140000, Pavlodar region, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

В этой статье с помощью микроконтроллера Arduino была разработана экспериментальная схема для определения содержания газа в воздухе и программа для управления. По сравнению с другими устройствами микроконтроллеров особенность данной работы – использование современного датчика MQ-4, его простота, низкая стоимость, возможность использования и регистрация различных газообразных веществ. Микроконтроллер Arduino позволяет создавать множество различных устройств, будь то дома или в промышленности. В результате работы датчик зафиксировал присутствие газов в воздухе без каких-либо помех. Это позволит нам с помощью таких простых устройств достичь в будущем создания интеллектуальных домашних компонентов для «Умного Дома».

In this article, using an Arduino microcontroller, an experimental scheme was developed to determine the gas content in the air and a program for control. In comparison with other devices of microcontrollers, the feature of this work is the use of a modern sensor MQ-4, its simplicity, low cost, the possibility of using and recording various gaseous substances. The Arduino microcontroller allows you to create many different devices, whether at home or in the industry. As a result, the sensor detected the presence of gases in the air without any interference. This will allow us, through such simple devices, to achieve in the future the creation of intelligent home components for the «Smart House».

Н. А. Исупова¹, Д. К. Серикбай²

¹доктор PhD, ассоц. профессор, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹natashaisu@mail.ru

СПОСОБ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Наиболее многочисленным классом электрических машин являются асинхронные двигатели. Однако во время эксплуатации они имеют высокую повреждаемость, известно, что 25 % АД ежегодно выходят из строя. Это приводит к нарушениям в протекании технологических процессов и браку выпускаемой продукции, а восстановление и ремонт электродвигателей, а так же нормализация технологического процесса требуют дополнительных затрат. Таким образом, неплановые аварии сопряжены со значительными экономическими издержками. Одной из неисправностей асинхронного двигателя является эксцентриситет ротора. Эксцентриситет ротора возникает при прогибе вала ротора, при смещении опор, из-за деформации по разным причинам подшипниковых щитов, неправильной установки подшипниковых стоек или деформации элементов статора и ротора, а также из-за износа подшипников. Так как подшипники являются слабым узлом с точки зрения надежности асинхронных двигателей, то эксцентриситет ротора довольно часто встречающаяся неисправность у асинхронных двигателей. В статье говорится о необходимости защиты асинхронных двигателей от эксцентриситета ротора и предложен способ защиты от данной неисправности, в котором используется спектральный анализ магнитного поля статора асинхронного двигателя.

Ключевые слова: эксцентриситет ротора, гармонический анализ, неисправность асинхронного двигателя, способ защиты, магнитное поле.

ВВЕДЕНИЕ

В качестве электроприводов на электрических станциях используются асинхронные двигатели (АД). Однако во время эксплуатации они имеют высокую повреждаемость, известно, что 25 % АД ежегодно выходят из строя. Это приводит к нарушениям в протекании технологических процессов и браку выпускаемой продукции, а восстановление и ремонт электродвигателей, а так же нормализация технологического процесса требуют дополнительных затрат. Таким образом, неплановые аварии сопряжены со значительными экономическими издержками [1].

Данные по неисправностям электродвигателей с короткозамкнутым ротором показывают, что наибольшую повреждаемость в АД имеют подшипники – 69 %, потом идут обмотки статора – 21 %, стержни ротора – 7 %, а соединительные муфты силового агрегата – 3 % [2]. Как видно из статистических данных самой распространенной неисправностью в АД является износ подшипников, который приводит к пространственному смещению ротора относительно статора, это явление получило название эксцентриситет ротора.

Эксплуатация АД с эксцентриситетом ротора не приводит к немедленному выходу его из строя, но снижает долговечность, надежность работы и другие технико-экономические показатели. При этом искажается магнитное поле в воздушном зазоре и создается одностороннее магнитное притяжение, появляются дополнительные высшие гармоники поля, снижается КПД на 1,5–2 %, пусковой момент снижается на 10–13 %, местные нагревы увеличиваются на 5–6 % и появляются вибрации двигателя [3].

Кроме того, появившийся эксцентриситет за счет одностороннего магнитного притяжения ротора к статору только увеличивается и, в конце концов, приводит к задеванию ротора о статор, что приводит к разогреву их сердечников. В результате в статоре выгорают пазовые клинья, происходит ускоренное старение изоляции обмотки статора, а затем возникает однофазное замыкание или междуфазное короткое замыкание. При значительном разогреве сердечника литая обмотка ротора расплавляется, а паянная распаивается. Большая часть этих повреждений приводит к дорогостоящему ремонту, а иногда к полному выходу АД из строя. Диагностирование эксцентриситета ротора позволяет ограничиться только заменой подшипников или регулировкой воздушного зазора [4, 5].

Обзор известных способов диагностики, эксцентриситета ротора показал, что преимущественно обладают те, в которых используется спектральный анализ магнитного поля или тока статора АД [2, 6, 7].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной статье предложен способ защиты от эксцентриситета ротора АД [8], в котором используется спектральный анализ магнитного поля АД (рисунок 1).

Устройство, реализующее предлагаемый способ защиты от эксцентриситета ротора АД, содержит датчик магнитного поля 1, установленный на внешней поверхности электрической машины переменного тока 2, к которому последовательно подсоединены блок преобразования электрического сигнала 3, блок преобразования однополярного сигнала 4, блок выделения гармонических составляющих 5 и блок определения диагностического признака 6.

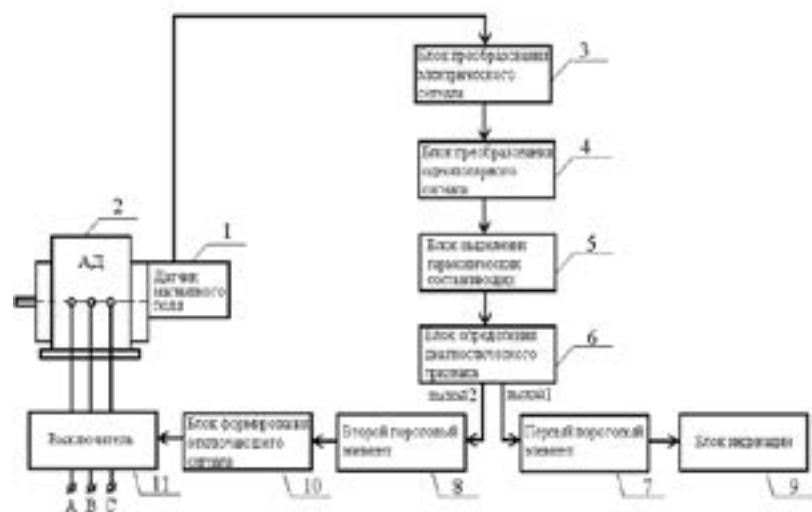


Рисунок 1 – Способ защиты от эксцентриситета ротора АД

Реализация предлагаемого способа защиты от эксцентриситета ротора АД осуществляется следующим образом.

Во время работы по обмоткам АД 2 протекают токи, которые формируют внутри его и на поверхности магнитное поле, параметры которого в известной степени зависят от наличия и величины эксцентриситета ротора. Это магнитное поле индуцирует в датчике магнитного поля 1 электродвижущую силу, а на его выходе появляется напряжение. Это напряжение выпрямляется в блоке преобразования электрического сигнала 3 в однополярный. Затем в блоке преобразования однополярного сигнала 4 убирается постоянная составляющая величиной D и на выходе этого блока

получается напряжение, из которого в блоке выделения гармонических составляющих 5 выделяются гармонические составляющие $U_{(v\pm 1/p)}$ с частотами $2f_c(v-1/p)$ и $2f_c(v+1/p)$.

Далее в блоке определения диагностического признака 6 рассчитывается его величина, равная корню квадратному из суммы квадратов гармонических с частотами $2f_c(v-1/p)$ и $2f_c(v+1/p)$ по формуле $U_\varepsilon = \sqrt{\sum_v U_{(v\pm 1/p)}^2}$.

Далее этот сигнал поступает на первый 7 и второй 8 пороговые элементы, где его значение сравнивается с первой и второй пороговыми величинами значения эксцентриситета АД 2.

Если значение корня квадратного из суммы квадратов гармонических сигнала с частотами $2f_c(v-1/p)$ и $2f_c(v+1/p)$ менее первой пороговой величины значения эксцентриситета электрической машины переменного тока 2, то на выходе первого 7 и второго 8 пороговых элементов сигналов не будет. При этом АД 2 остается в нормальном режиме работы.

При появлении эксцентриситета ротора в работающем АД 2 в преобразованном однополярном сигнале появятся гармонические с частотами $2f_c(v-1/p)$ и $2f_c(v+1/p)$. При этом, если значение корня квадратного из суммы квадратов гармонических сигнала с частотами $2f_c(v-1/p)$ и $2f_c(v+1/p)$ превышает первую пороговую величину значения эксцентриситета электрической машины переменного тока 2, но оно менее второй пороговой величины значения ее эксцентриситета, первый пороговый элемент 7 подает сигнал на блок индикации 9, который сигнализирует о наличии эксцентриситета. При этом АД 2 остается в работе.

Если в преобразованном однополярном сигнале значение корня квадратного из суммы квадратов гармонических с частотами $2f_c(v-1/p)$ и $2f_c(v+1/p)$ превышает вторую пороговую величину значения эксцентриситета АД 2, то второй пороговый элемент 8 подает сигнал на блок формирования отключающего сигнала 10, который формирует отключающий сигнал на выключатель 11 цепи отключения электрической машины переменного тока 2 от сети.

ВЫВОДЫ

Использование предлагаемого способа защиты от эксцентриситета ротора АД позволяет своевременно определить пороговую величину эксцентриситета ротора, а в случае достижения им критической величины отключить АД от сети.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Завидей, В. И.** Новые возможности в диагностике электрических машин // Экспозиция Нефть Газ. – 2010. – № 1. – С. 33–35.

2 **Сафин, Н. Р., Прахт, В. А., Дмитриевский, В. А., Дмитриевский, А. А., Казакбаев, В. М.** Диагностика неисправностей асинхронных двигателей на основе спектрального анализа токов статора // Диагностика и надежность электрооборудования. – 2014. – № 3. – С. 34–39.

3 **Рогачев, В. А.** Диагностирование эксцентриситета ротора асинхронных двигателей по гармоническому составу тока статора: дис. ... канд. тех. наук по специальности «Электромеханика и электрические аппараты». – Новочеркасск: Южно-Российский государственный технический университет, 2008. – 173 с.

4 **Novozhilov, A. N., Issupova, N., Novozhilov, T.** Diagnostic of static eccentricity of a rotor of the asynchronous motor // The 4th International Scientific Congress «Science and Education in the Modern World», – Auckland, 2015. – P. 837–843.

5 **Новожилов, А. Н., Исупова, Н. А.** Способ диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – 2014. – № 4. – С. 105–109.

6 **Новожилов, А. Н., Полищук, В. И., Исупова, Н. А.** Обзор способов диагностики эксцентриситета ротора машин переменного тока // Известия вузов. Электромеханика. – 2011. – № 6. – С. 26–33.

7 **Новожилов, А. Н., Исупова, Н. А.** Особенности диагностики эксцентриситета ротора машин переменного тока // Электромеханические преобразователи энергии. Материалы V юбилейной международной научно-технической конференции. – Томск, 2011. – С. 53–63.

8 Пат. 2655718 РФ. Способ защиты от эксцентриситета ротора электрической машины переменного тока / Н.А. Исупова; опубл. 30.05.2018 – 7 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Н. А. Исупова¹, Д. К. Серикбай²

Қорғау тәсілі асинхронды қозғалтқыштардың электр станциялары

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,

Павлодар қ., Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

N. A. Isupova¹, D. K. Serikbay²

The method of protection of induction motors of power plants

^{1,2}Faculty of Energy Engineering,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Ең көп сыныппен электр машиналары болып табылады асинхронды қозғалтқыштар. Алайда, пайдалану кезінде олар жоғары зақымдануы, бұл 25 % АД жыл сайын істен шығады. Бұл әкеледі бұзушылықтар айналдырушы технологиялық процестер мен некені шығарылатын өнімнің, қалпына келтіру және жөндеу электр қозғалтқыштарын, сондай-ақ қалпына келтіру технологиялық процесін талап қосымша шығындар. Осылайша, жоспарсыз байқаулар апат ұштасса маңызды экономикалық шығындармен. Бір ақауларды асинхронды қозғалтқыштың болып табылады эксцентриситет ротордың.

Эксцентриситет ротор кезінде туындайды прогибе біліктің ротор, жылжыған кезде тірек-деформация түрлі себептермен мойынтірек қалқандар, дұрыс орнату мойынтірек тіке немесе деформация элементтерін статор және ротор, сондай-ақ тозу подшипниктер. Өйткені подшипниктер болып табылады әлсіз торабы тұрғысынан сенімділігін асинхронды қозғалтқыштар, онда эксцентриситет ротордың жсі кездесетін ақауы бар асинхронды қозғалтқыштар. Мақаласында айтылады қорғау қажеттілігі туралы асинхронды қозғалтқыштардың от роторының эксцентриситетін және ұсынылды қорғану тәсілі осы ақаулар, онда пайдаланылады спектрлік талдау магнит өрісі статор асинхронды қозғалтқыштың.

The most numerous class of electric machines are asynchronous motors. However, during operation, they are highly damaging, it is known that 25 % of BP annually fail. This leads to violations in the course of technological processes and the defect of products, and the restoration and repair of electric motors, as well as the normalization of the technological process, require additional costs. Thus, unplanned accidents involve significant economic costs. One of the faults of the induction motor is the eccentricity of the rotor. The eccentricity of the rotor occurs when the rotor shaft is deflected, when the supports are moved, due to deformation for different reasons of the bearing shields, incorrect installation of the bearing risers or deformation of the stator and rotor components, as well as bearing

wear. Since bearings are a weak node in terms of reliability of asynchronous motors, the eccentricity of the rotor is quite common in asynchronous motors. The article discusses the need to protect asynchronous motors from the eccentricity of the rotor and suggests a method of protection against this fault, which uses the spectral analysis of the magnetic field of the stator of an induction motor.

ГРНТИ 53.49.05

**А. Т. Канаев¹, А. В. Богомолов², И. Н. Дычко³,
В. В. Вайнорюте⁴**

¹д.т.н., профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010008, Республика Казахстан;

²к.т.н., ассоц. профессор, (доцент), Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³магистр, ТОО «Проммашкомплект», г. Экибастуз, 141200, Республика Казахстан;

⁴магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

e-mail: ¹aman-kanaev2012@yandex.ru; ²bogomolov71@mail.ru;

³dychko_ivan@list.ru; ⁴vl-vv@mail.ru

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМОВ УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ СТРУКТУРНЫМ СОСТОЯНИЕМ

На основе анализа литературных данных и собственных экспериментальных исследований количественно оценен ориентировочный вклад различных механизмов упрочнения в предел текучести углеродистой, колесной и низколегированной сталей. Установлено, что для горячекатаной стали (Ст5пс) наибольший вклад в предел текучести дают твердо-растворное и зерно-границное упрочнение (35,6 % и 36,5 %), а в низколегированной стали 16Г2АФ наряду с этими слагаемыми упрочнения заметна роль дисперсионного упрочнения (21,5 %). Показано, что совмещенная деформационно-термическая обработка стали марки Ст.5пс приводит к росту величины дислокационного упрочнения до 35 % за счет роста плотности дислокаций и сохранения большей части дислокаций в прокате при ускоренном охлаждении горячедеформированного аустенита. В колесной стали, термически обработанной по традиционной технологии (прерывистая закалка и отпуск) основной вклад в прочность вносит зернограницное и дислокационное упрочнение. В этой же стали, подвергнутой поверхностной плазменной закалке, за счет сильного измельчения структуры и формирования наноструктурных фазовых составляющих прочностные показатели существенно возрастают (53,8 %).

Ключевые слова: механизмы упрочнения, предел текучести, деформационно-термическая обработка, ускоренное охлаждение, поверхностная плазменная закалка, размер зерна, наноструктурные фазовые составляющие.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, что одной из основных проблем современного металловедения является установление количественной связи между структурой и свойствами сплавов. Выявление роли и вклада различных механизмов упрочнения в важнейшие характеристики конструктивной прочности сталей, подвергнутых различной термообработке, позволяет приблизиться к решению указанной проблемы. Поэтому представляет теоретический и практический интерес ориентировочная количественная оценка вклада в предел текучести отдельных механизмов упрочнения углеродистой, колесной и низколегированной сталей, широко применяемых в строительстве и железнодорожном машиностроении, и сопоставить расчетные и экспериментальные данные для получения надежных сведений о действующих механизмах упрочнения после той или иной обработки и легирования.

Основными характеристиками углеродистых и низколегированных сталей, определяющими их конструктивную прочность, являются предел текучести и склонность к хрупким разрушениям.

Предел текучести, оценивающий прочность стали, определяется по известному соотношению Холла-Петча, которое для условий растяжения имеет вид:

$$\sigma_T = \sigma_i + k_y * d^{-1/2} \quad (1)$$

где σ_i – напряжение трения кристаллической решетки при движении дислокаций внутри зерен; k_y – коэффициент, характеризующий вклад зерен в упрочнение; d – диаметр зерна.

Напряжение трения решетки:

$$\sigma_i = \sigma_0 + \Delta\sigma_{ТВ} + \Delta\sigma_{П} + \Delta\sigma_{Д} + \Delta\sigma_{Д.у}. \quad (2)$$

В этом уравнении σ_i представляет собой сумму напряжения трения решетки α -Fe – σ_0 , повышения прочности твердых растворов при легировании – $\Delta\sigma_{ТВ}$, упрочнения за счет образования перлита – $\Delta\sigma_{П}$, деформационного – $\Delta\sigma_{Д}$, дисперсионного – $\Delta\sigma_{Д.у}$ упрочнений.

В работе [1] показано, что влияние всех перечисленных механизмов упрочнения на предел текучести линейно аддитивно, т.е. могут быть просуммированы. Поэтому предел текучести конструкционных сталей, к которым относятся все исследованные марки: Ст5пс, колесную сталь марки 2 и низколегированную 16Г2АФ, можно рассматривать как сумму слагаемых

в уравнении (2). Доля вклада отдельных факторов упрочнения (уравнения 1 и 2) в общий предел текучести стали неодинакова, и она зависит от вида легирующих элементов и степени легирования, наличия и дисперсности упрочняющих фаз, применяемой термической или деформационно-термической, плазменной обработки и других факторов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ этого уравнения показывает, что доля вклада отдельных факторов упрочнения в общий предел текучести стали неодинакова.

Соотношение (1) с достаточной точностью применимо к ферритным сталям при зернах размером от 0,3 до 400 мкм; из него следует, что предел текучести материала повышается с уменьшением величины зерна [2].

Склонность стали к хрупким разрушениям, оценивается по температуре перехода из вязкого состояния в хрупкое, которая определяется как отношение площади вязкого излома к первоначальному расчетному сечению. Чем ниже температура перехода из вязкого в хрупкое состояние, тем более надежен материал, поэтому чаще стремятся применить материал, у которого температура перехода ниже температуры эксплуатации, а эта температура существенно зависит от величины зерна. [3].

Исходя из известных механизмов упрочнения, описываемых уравнением (2), нами проведен анализ эффективности различных механизмов упрочнения углеродистой, колесной и низколегированной сталей Ст5пс, используемых в строительстве и железнодорожном транспорте, отличающихся не только химическим составом, но и примененной термической обработкой. Величину отдельных факторов упрочнения и их вклад в общий предел текучести указанных сталей определяли по известным эмпирическим формулам. Необходимые для расчета коэффициенты взяты из литературных данных [1,6]. При этом расчетные значения предела текучести исследованных сталей сопоставляли с экспериментальными данными по ГОСТ5781, ГОСТ 10884, ГОСТ 19281 и ГОСТ 10791.

Определение параметров структуры (содержание перлита в стали, диаметр ферритных зерен, размер и объемная доля карбонитридной фазы и др.) для количественной оценки предела текучести выполнено методами количественной металлографии на исследовательском горизонтальном микроскопе NeoPhot-21 и электронном микроскопе УЭМВ-100. В качестве диаметра ферритных зерен (d) использовали среднюю длину отрезка прямой, пересекающую зерно в плоскости шлифа [4].

Объемную долю дисперсных частиц (f) и их диаметр (D) в низколегированной стали 16Г2АФ определяли методом электронной

фотографии тонких фольг, а межчастичное расстояние (l) по известному соотношению

$$l = D * (\Pi/6f)^{1/2} \quad (3)$$

Долю перлитной составляющей определяли по методу Розиваля, согласно которому площади структурных составляющих вычисляют по длинам отрезков прямой, попавших на каждую из структурных составляющих в соответствии с принципом Кавальери. Плотность дислокаций упрочненных сталей определяли с помощью рентгеноструктурного анализа по форме дифракционных линий, а в горячекатаной стали плотность дислокаций количественно оценивали с помощью просвечивающей электронной микроскопии тонких фольг (таблица 1).

Напряжение трения решетки α -железа (напряжение Пайерлса-Набарро) оценивается по формуле

$$\sigma_0 = 2 * 10^{-4} * G, \quad (4)$$

где G – модуль сдвига железа. $G = 84000$ МПа.

Напряжение Пайерлса-Набарро является минимальным напряжением, необходимым для движения дислокации в кристалле, и оно определяется свойствами кристаллической решетки и характеризует в ней силы трения. При легировании металла происходит увеличение сил трения, то есть легирование увеличивает сопротивление дислокаций, вследствие взаимодействия растворенных атомов легирующих элементов с дислокациями. В первом приближении напряжение Пайерлса-Набарро может быть сопоставлено с пределом текучести монокристалла металла. Эта величина существенно зависит от содержания примесей в металле. Поэтому по мере того, как улучшалась чистота металла и степень совершенства кристаллов получалось все меньшее значение предела текучести монокристаллов. С учетом литературных данных в расчете напряжение трения решетки α -железа σ_0 принято, равным ~ 30 МПа.

Таблица 1 – Исходные данные для количественной оценки предела текучести исследованных сталей

№ п/п	Характеристика стали	Марка исследованных сталей и их структурное состояние				
		Ст5пс, горячекатаное	Ст5пс, деформационно-термическая обработка	Колесная сталь марки 2, прерывистая закалка и средний отпуск	Колесная сталь марки 2, поверхностная плазменная закалка	16Г2АФ нормализация
1	Содержание легирующих элементов в α -Fe, %: Mn Si P V (C+N)	0,65 0,11 0,04 - 0,015	0,65 0,11 0,04 - 0,015	0,63 0,41 0,033 - 0,015	0,63 0,41 0,033 - 0,015	1,5 0,45 0,035 0,11 0,015
2	Упрочняющая фаза	-	-	-	-	V(C,N)
3	Доля перлита, %	35	26	-	-	17
4	Размер зерна: (по ГОСТ 5639-82), d, мкм	0,051	0,033	0,012	0,007	0,014
5	Объемная доля дисперсных частиц, f, %	-	-	-	-	0,096
6	Размер дисперсных частиц, D, нм	-	-	-	-	30
7	Межчастичное расстояние, λ , нм	-	-	-	-	765
8	Характер дислокационной структуры, ρ , см ⁻²	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	109

Исходя из опытных данных принято, что в феррите растворено $\sim 0,015$ (C+N), остальное количество углерода и азота связаны в карбонитриды

Отметим, что в настоящее время нет теории, удовлетворительно описывающей механизмы упрочнения. Есть лишь приближения, описывающие механизмы упрочнения, которые не дают строгой количественной оценки предела текучести. Остальные факторы упрочнения, кроме сопротивления решетки движению дислокации, ($\Delta\sigma_{т.р.}$, $\Delta\sigma_{п.}$, $\Delta\sigma_{д.}$, $\Delta\sigma_{д.у.}$, $\Delta\sigma_3$) с учетом известных допущений количественно оценивали для исследованных сталей по известным формулам [5,6]. При этом использован принцип линейной аддитивности упрочнения по отдельным механизмам (таблица 2).

Таблица 2 – Количественная оценка предела текучести сталей с различным структурным состоянием

№ п/п	Показатели	Марка стали				
		Ст.5пс, горячекатаное	Ст.5пс, деформационно-термическая обработка	Колесная сталь марки 2, прерывистая закалка и отпуск	Колесная сталь марки 2, плазменная закалка поверхности	16Г2АФ нормализация
1	Напряжения трения решетки	30/11,5	30/7,5	30/5,8	30/4,2	30/6,1
2	Упрочнение, вносимое легированием	90/35,6	95/23,7	130/25	135/18,8	115/23,5
3	Упрочнение, вносимое перлитом	40/15,4	30/7,5	20/3,8	25/3,5	40/8,2
4	Дислокационное упрочнение	5/1,9	140/35	145/27,9	140/19,6	5/1,0
5	Дисперсионное упрочнение	-	-	-	-	105/21,5
6	Упрочнение границами зерен	95/36,5	105/26,3	195/37,5	385/53,8	195/39,8
7	Расчетное значение предела текучести	260	400	520	715	490
8	Экспериментальное значение предела текучести	285	440	585	790	440

В числителе – абсолютное значение упрочнения (МПа), в знаменателе – доля упрочнения за счет данного механизма, (в % от расчетного значения предела текучести).

В углеродистой стали марки Ст5пс (горячекатаное состояние) основными слагаемыми упрочнения являются твердорастворное и зернограничное упрочнения, доля которых составляет для этой стали ~72,1 %. По абсолютной величине доля этих слагаемых равны 90МПа и 95МПа. В стали Ст.5пс, подвергнутой совмещенной деформационно-термической обработке, существенный вклад в общее упрочнение вносит дислокационное (дислокационное) упрочнение. Если доля деформационного упрочнения в стали Ст.5пс, охлажденной на спокойном воздухе с температуры конца прокатки 1050 °С (горячекатаное состояние) составляет ~ 2 %, то в этой же стали деформационно-термически обработанной по схеме прерванной закалки с последующим высоким самоотпуском (термоупрочненное состояние) доля деформационного упрочнения возрастает до 35 %. $\Delta\sigma_d = 104$ МПа (абсолютное значение). Это объясняется, вероятно, увеличением плотности дислокаций при совмещении горячей прокатки с последующей немедленной закалкой и отпуском. Как указывалось выше, резким охлаждением подавляются рекристаллизационные процессы и фиксируются значительная часть дислокаций, возникших при горячей прокатке аустенита. При этом происходит наследование дислокационной структуры горячедеформированного аустенита образующимся мартенситом в процессе фазового аустенито-мартенситного превращения. Кроме того, при деформационно-термической обработке наряду с измельчением аустенитного зерна достигается измельчение кристаллов мартенсита.

Коэффициенты упрочнения феррита легирующих элементов составляют $K_{Ni}=30$, $K_{Cu}=40$, $K_p=690$, $K_{Cr}=30$ [6]. Отмечая эффективность твердорастворного механизма упрочнения и его применимость, в то же время следует подчеркнуть, что существует, вероятно, какая-то оптимальная степень легирования α -Fe, ибо насыщение α -Fe примесными атомами замещения и внедрения приводит лишь к опасной упругой деформации решетки и снижению вязкости разрушения сплава.

Если учесть, что твердорастворное упрочнение обусловлено разницей атомных диаметров матрицы и легирующего элемента и их модулей упругости, то высокую долю твердорастворного упрочнения можно объяснить сопротивлением движущимся дислокациям со стороны растворенных атомов.

Обращает на себя внимание измельчение структуры при поверхностной плазменной закалке: средняя величина зерна плазменно-закаленной колесной стали составляет 0,007 мм против 0,012 мм при традиционной термической обработке (прерывистая закалка + средний отпуск). Такое значительное уменьшение величины зерен и существенное увеличение объемной доли их границ, вероятно, приводит к сильному зернограничному упрочнению колесной стали ($\Delta\sigma_3 = 385$ МПа).

В низколегированной стали 16Г2АФ заметна роль дисперсионного упрочнения – 21,5 % $\Delta\sigma_{ду} = 105,0$ МПа. Как видно из таблицы 1, в этой стали образуется дисперсная карбонитридная фаза V(C,N), которая упрочняет феррит по механизму Орована. Предполагается, что карбонитридная фаза V(C,N) некогерентна с матрицей (α -Fe) и поэтому дислокации огибают выделения V(C, N). Однако имеются мнения [3], что в низколегированных конструктивных сталях мелкие частицы карбонитридов, выделившиеся непосредственно из матрицы, могут быть связаны с ней когерентно.

На эффективность и перспективность дисперсионного упрочнения указывает также влияние дисперсных фаз на величину зерна. Из таблицы 1 следует, что в стали 16Г2АФ в структуре которой имеется дисперсная карбонитридная фаза V(C,N) образуется более мелкое зерно $d = 0,014$ мм. Это объясняется зародышевым влиянием частиц V(C,N) при переходе через критические точки A_{c1} и A_{c3} .

Кроме того, карбонитридная фаза тормозит рост зерна аустенита при дальнейшем нагреве вплоть до температуры растворения этих фаз в аустените. Эти два обстоятельства приводят к тому, что в стали 16Г2АФ происходит заметное измельчение ферритных зерен. Таким образом, дисперсные частицы карбонитридной фазы V(C,N) в стали вызывают дополнительные зернограничные упрочнения. Такая особенность упрочнения дисперсным частицами карбонитридных фаз указана в работах [7,8].

В низкоуглеродистых и низколегированных сталях основной фазовой и структурной составляющей является феррит, его доля в этих сталях доходит до 90–95 %. При приложении нагрузки деформация начинает развиваться в феррите, а перлитные колонии являются «барьерами» для такой деформации. Поэтому упрочнения от перлитной составляющей также вносит определенный вклад в общее упрочнение (в предел текучести).

Из приведенных таблиц 1,2 видно, что доля упрочнения от образования перлита составляет около 3,5-15,4 %, по абсолютной величине $\Delta\sigma_{\text{п}}=20-40$ МПа для горячекатаных и нормализованных сталей Ст5пс и 16Г2АФ. Необходимо отметить также, что и неметаллические включения могут оказывать влияние на механические свойства этих сталей. Однако их объемная доля в рассматриваемых сталях не превышает 0,1 %, упрочняющего действия они не оказывают, и поэтому в данном исследовании поведение неметаллических включений не рассматривалось.

Таким образом, в зависимости от структурного состояния основной вклад в предел текучести исследованных сталей вносят твердорастворное, дислокационное, дисперсионное и зернограничное упрочнения, абсолютные значения которых составляет от 135МПа до ~ 385 МПа [9].

ВЫВОДЫ

1 Эффективными и перспективными способами повышения прочности низкоуглеродистых и низколегированных сталей следует считать твердорастворное упрочнение путем легирования относительно дешевыми легирующими элементами (Mn, Si), а также дислокационное и дисперсионное упрочнение путем применения совмещенной деформационно-термической обработки в сочетании с микролегированием с карбидо- и нитридообразующими элементами (V, Al).

2 Уменьшение размера действительного зерна является эффективным способом повышения прочности конструкционных сталей, которое одновременно уменьшает склонность феррито–перлитных сталей к хрупкому разрушению. Это особенно важно при поверхностной плазменной закалке, приводящей к сильному измельчению зерна вследствие сверхскоростного нагрева и охлаждения.

3 Количественная оценка прочности феррито-перлитных низкоуглеродистых и низколегированных сталей по химическому составу и параметрам структуры позволяет ориентировочно выявить вклад каждого механизма упрочнения в предел текучести стали и прогнозировать сбалансированные механизмы их упрочнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Гольдштейн, М. И., Литвинов, В. С., Бронфин, Б. М. *Металлофизика высокопрочных сплавов.* – М. : Металлургия, 1986, 312 с.
- 2 Пикеринг, Ф. Б. *Физическое металловедение и разработка сталей / Пер. с англ.* – М. : Металлургия, 1982, 182 с.
- 3 Большаков, В. И., Стародубов, К. Ф., Тылкин, М. А. *Термическая обработка строительной стали повышенной прочности.* – М. : «Металлургия», 1987. – 209 с.
- 4 Гольдштейн, М. И., Емельянов, А. А., Пышминцев, И. Ю. *Упрочнение малоуглеродистых сталей // Сталь.* – 1996. – № 6. – С. 53–58.
- 5 Минаев, А. А. *Совмещенные металлургические процессы.* Технопарк Дон ГТУ УНИТЕХ, 2008. 552 с. – С. 59–64.
- 6 Гольдштейн, М. И., Грачев, С. В., Векслер, Ю. Г. *Специальные стали.* – М. : Металлургия, 1985. – 408 с.
- 7 Коновалов, Ю. В., Минаев, А. А. *Металлургия. Книга 2, Часть 3. Металловедение.* – Донецк : Дон НТУ, 2012. – 496 с. – С. 49–60.
- 8 Бернштейн, М. Л., Займовский, В. А., Капуткина, Л. М. *Термомеханическая обработка стали.* – М. : Металлургия, 1993. – 479 с.
- 9 Канаев, А. Т., Богомолов, А. В., *Структурообразование в колесной стали при плазменной закалке.* – Астана : ТОО «Мастер-ПО», 2018. – 222 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

А. Т. Қанаев¹, А. В. Богомолов², И. Н. Дычко³, В. В. Вайнорюте⁴

Құрылымы әртүрлі болаттарды беріктендіру механизмдерінің тиімділігін сандық бағалау

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010008, Қазақстан Республикасы;

^{2,4}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

³«Проммашкомплект» ЖШС, Екібастұз қ., 141200, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

A. T. Kanayev¹, A. V. Bogomolov², I. N. Dychko³, V. V. Vainoryute⁴

Quantitative assessment of efficiency of mechanisms of hardening of steels with different structural states

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, 010008, Republic of Kazakhstan;

^{2,4}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

³LLP «Prommashkomplekt»,
Ekibastuz, 141200, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Әдебиет деректерін талдау және меншікті жүргізілген эксперименталды зерттеулер негізінде көміртекті, доңғалақты және төменқоспаланған болаттардың аққыштық шегіне беріктендірудің әртүрлі механизмдерінің шамаланған үлесі сандық жағынан бағаланған. Ыстықтай илемденген болаттың (Ст5пс) аққыштық шегіне қатты-ерітінді және шекті-түйіршекті беріктендіру (35,6 %; 36,5 %), ал төменқоспаланған 16Г2АФ болатында аталған беріктендіру механизмдерімен қатар дисперстік беріктендірудің ролі байқалатыны анықталған (21,5 %). Ст.5пс маркалы болатты үйлестірілген деформациялық-термиялық өңдеу дислокациялық беріктендірудің шамасының 35 % дейін өсетіні көрсетілген. Бұл дислокациялар тығыздығының осуімен және ыстықтай деформацияланған аустенитті жеделдетіп салқындатқанда илемдегі дислокациялардың көп бөлігінің сақталуымен түсіндірілген. Традициялық технологиямен (үзілісті шынықтыру және босату) термиялық өңделген доңғалақ болатының беріктігіне негізгі үлесті шекті-түйіршекті және дислокациялық беріктендіру қосады. Сыртқы қабаты плазмалық беріктендірілген осы болатта беріктік көрсеткіштері айтарлықтай (53,8 %) көтеріледі, себебі болаттың құрылымы өте қатты ұсақталады да, наноқұрылымды фазалық бөлшектер қалыптасады.

Based on the analysis of the literature data and our own experimental studies, the approximate contribution of various hardening mechanisms to the yield strength of carbon, wheel and low-alloy steels is quantitatively estimated. It is established that for hot-rolled steel (St5ps) the greatest contribution to the yield strength is given by solid-solution and grain-boundary hardening (35.6 % and 36.5 %), and in low-alloy steel 16Mn2AV along with these hardening components the role of dispersion hardening

(21.5 %) is noticeable. It is shown that the combined deformation and heat treatment of steel grade St.5ps leads to an increase in the value of dislocation hardening up to 35 % due to an increase in the density of dislocations and the preservation of most of the dislocations in the rental with accelerated cooling of hot-deformed austenite. In wheel steel, thermally treated by traditional technology (intermittent quenching and tempering), the main contribution to the strength is made by grain boundary and dislocation hardening. In the same steel subjected to surface plasma hardening, due to the strong grinding of the structure and the formation of nanostructured phase components, the strength parameters increase significantly (53.8 %).

Ф. М. Карабалина

магистрант, кафедра «Теплоэнергетика», Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: fatima.beysymbaeva@mail.ru

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ
В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ КОТЛА БКЗ-420-140**

В статье рассматриваются актуальные вопросы, связанные с определением эффективности работы энергетических котлов. Обмуровка котла является важнейшим элементом данного агрегата. Она позволяет работать ему в нормальных условиях и с минимальными тепловыми потерями. В статье приведены результаты анализа состояния тепловой защиты энергетических котлов типа БКЗ-420-140. Были проведены инструментальные измерения температур поверхности котельного агрегата. Определены реальные тепловые потери в окружающую среду. На основе данных значений доказано превышение тепловых потоков над нормативными значениями. Произведен расчет перерасхода топлива (угля). Годовой перерасход топлива через обмуровку парогенератора составляет 1115 тонн угля. Таким образом, обнаружено неудовлетворительное состояние тепловой защиты котельного агрегата. Необходимо повысить уровень тепловой защиты котла до допустимых значений.

Ключевые слова: тепловые потери, обмуровка, котел, энергосбережение.

ВВЕДЕНИЕ

Политика энергосбережения на предприятиях энергетики должна включать в себя комплекс организационных, технических и технологических мероприятий с применением новых конструкторских решений, технологий и современных материалов. Таким образом, можно добиться значительной экономии энергоресурсов. Однако данным мероприятиям должна предшествовать оценка реальных условий работы оборудования, в том числе и обмуровки паровых котлов.

Обмуровка является одним из основных элементов парогенератора и в значительной мере влияет на его нормальную эксплуатацию, долговечность и, конечно же, экономичность. Применяемые в настоящее

время на электростанциях обмуровки котлов не соответствуют современным требованиям, так как снижают эффективность сжигания топлива, что не позволяет реализовывать поставленную задачу сбережения энергетического потенциала ТЭС. Необходимо заметить, что увеличение тепловых потерь вызывает перерасход потребляемого топлива. Это ведет к ухудшению технико-экономических показателей. Таким образом, актуальность данной проблемы очевидна и требует детального, глубокого и взвешенного подхода к изучению причин, вызывающих эти тепловые потери в окружающую среду.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Определение тепловых потерь путем непосредственного измерения тепловых потоков с поверхности обмуровки связано с большими трудностями. По этой причине значения величины тепловых потерь принимается по нормативным графикам [1, 2].

На Павлодарской ТЭЦ-3, входящей в состав АО «Павлодарэнерго», эксплуатируются паровые котлы марки БКЗ–420–140. Производительность котла – 420 т/ч свежего пара давлением 140 кгс/см².

Обмуровка данного котла – натрубная и состоит из:

- 1) металлического листа (обшивы),
- 2) теплоизоляционного слоя,
- 3) обмазки.

Согласно проекту теплоизоляционный слой должен быть выполнен из вулканита М 350.

На действующем котле в качестве теплоизоляционного материала используется:

- 1) в районе топки – асбестоперлитовые плиты толщиной 210–250 мм,
- 2) по горизонтальному газоходу и конвективной шахте – минеральная вата толщиной 160 мм.

Толщина обмазки – асбестовой штукатурки – составляет в среднем по котлу порядка 20 мм.

При обходе действующих котлов № 3 и № 5 были проведены измерения поля температур поверхности обмуровок топок по обслуживающим отметкам при помощи термоэлектрического цифрового термометра типа ТТ-Ц016М с термопреобразователем типа Т912.

Результаты измерений сведены в Таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений температур на поверхности обмуровки топки котла БКЗ-420-140

№	Отметка, м	Средняя температура по фронту топки, °С		Средняя температура по левой стороне топки, °С		Средняя температура по тылу топки, °С		Средняя температура по правой стороне топки, °С	
		к/а №3	к/а №5	к/а №3	к/а №5	к/а №3	к/а №5	к/а №3	к/а №5
1	9,6	50	60	45	55	53	60	45	55
2	14	60	58	52	55	64	58	52	54
3	16	62	60	52	62	74	65	51	65
4	19,6	64	54	82	80	64	66	80	80
5	23	64	54	74	72	64	70	65	65
6	26	71	54	90	63	74	70	74	65
7	29	61	54	75	61	65	61	75	62

Измерения температуры по поверхности обмуровки в районе горизонтального газохода и конвективной шахты дали следующие результаты: средняя температура на поверхности обмуровки в районе перепускных труб составила порядка 66 °С, средняя температура поверхности обмуровки по конвективной шахте составила порядка 58 °С.

Температура окружающего воздуха составила 25 °С. Согласно правилам технической эксплуатации котлов [3] при данной температуре окружающей среды температура на поверхности обмуровки должна быть на более 45 °С. Полученные результаты измерений позволяют однозначно сделать вывод о том, что существующая обмуровка эксплуатируемого котла находится в плохом состоянии и не удовлетворяет принятым нормам.

Согласно нормативным данным плотность теплового потока через обмуровку для парогенератора БКЗ– 420-140 составляет 532,362 кВт/м². Эта величина определяется по мощности котла без учета особенностей конструкции обмуровки и ее эксплуатации.

В действительности реальные тепловые потери значительно превышают нормативные значения. Поток теплоты через обмуровку котла определяется по формуле

$$q = \alpha_n(t_n - t_{oc}),$$

где α_n – коэффициент теплоотдачи;

t_n – температура наружной поверхности обмуровки;

t_{oc} – температура окружающей среды.

Согласно методике [4, 5] для стационарного теплового состояния коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности в окружающую среду α_n в диапазоне $t_n = 25 \div 210$ °С определяется по формуле

$$\alpha_n = a_0 + a_1(t_n - 30) - a_2(t_n - 30)^2 + a_3(t_n - 30)^3,$$

где a_0, a_1, a_2, a_3 – постоянные величины, которые для различно ориентированных в пространстве поверхностей (Таблица 2).

Таблица 2 – Значения постоянных величин a_0, a_1, a_2, a_3

	α_0	$\alpha_1 \cdot 10^3$	$\alpha_2 \cdot 10^4$	$\alpha_3 \cdot 10^6$
Под	9,3	91,5	3,88	1,37
Вертикальная стена	9,5	98,15	4,74	1,74
Свод	9,7	100	4,43	1,35

На основе полученных результатов выполнена оценка эффективности теплозащитного ограждения исследуемого объекта. Проведенные исследования и расчеты показали неудовлетворительное состояние обмуровки парового котла БКЗ–420–160.

Превышение плотности теплового потока над допустимым значением составило в среднем – 112,7 %. Результаты данных экспериментов сведены в Таблицы 3 и 4.

Таблица 3 – Данные расчетов по котельным агрегатам №3 и №5

Область исследования, отметка, м	Ср. температура поверхности обмуровки t_n , °С		Коэффициент теплоотдачи α_n , Вт/м²·°С		Плотность теплового потока, Вт/м²		
	к/а №3	к/а №5	к/а №3	к/а №5	к/а №3	к/а №5	
по фронту топки	9,6	50	60	11,287	12,065	282,179	422,258
	14	60	58	12,065	11,914	422,258	393,177
	16	62	60	12,212	12,065	451,845	422,258
	19,6	64	54	12,357	11,606	481,926	336,586
	23	64	54	12,357	11,606	481,926	336,586
	26	71	54	12,847	11,606	590,944	336,586
29	61	54	12,139	11,606	436,989	336,586	
по левой стороне топки	9,6	45	55	10,871	11,684	217,428	350,533
	14	52	55	11,448	11,684	309,102	350,533
	16	52	62	11,448	12,212	309,102	451,845
	19,6	82	80	13,566	13,439	773,244	739,145
	23	74	72	13,048	12,914	639,371	606,975
	26	90	63	14,057	12,825	913,705	466,825
29	75	61	13,115	12,139	655,732	436,989	

по тылу топки	9,6	53	60	11,528	12,065	322,775	422,258
	14	64	58	12,357	11,914	481,926	393,177
	16	74	65	13,048	12,429	639,371	497,149
	19,6	64	66	12,357	12,500	481,926	512,490
	23	64	70	12,357	12,778	481,926	575,024
	26	74	70	13,048	12,778	639,371	575,024
	29	65	61	12,429	12,139	497,149	436,989
по правой стороне топки	9,6	45	55	10,871	11,684	217,428	350,533
	14	52	54	11,448	11,606	309,102	336,586
	16	51	65	11,368	12,429	295,569	497,149
	19,6	80	80	13,439	13,439	739,145	739,145
	23	65	65	12,429	12,429	497,149	497,149
	26	74	65	13,048	12,429	639,371	497,149
	29	75	62	13,115	12,212	655,732	451,845

По горизонтальному газоходу и конвективной шахте разброс температур по поверхности обмуровки котлов не столь значителен и с учетом имеющихся данных были определены величины тепловых потоков в этих районах.

Таблица 4 – Данные расчетов по котельным агрегатам № 3 и № 5

Область исследования, отметка, м	Средняя температура поверхности обмуровки t_n , °C	Коэффициент теплоотдачи α_n , Вт/м ² ·°C	Плотность теплового потока, Вт/м ²
Горизонтальный газоход	66	12,065	512,490
Конвектив-ная шахта	58	11,528	393,177

ВЫВОДЫ

1 Произведен анализ эффективности обмуровки с учетом действительных значений потерь тепла в окружающую среду

Реальные тепловые потоки через обмуровку исследуемых агрегатов значительно превысили расчетные значения (в 1,127 раза), что подтверждает неудовлетворительное состояние теплозащитных ограждений

Годовой перерасход топлива в результате больших тепловых потерь через обмуровку парогенератора составляет 1115 тонн угля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трембовля, В. И., Фингер, Е. Д., Авдеева, А. А. Теплотехнические испытания котельных установок. / 2-е изд., перераб. и доп. – М. Энергоатомиздат, 1991. – 416 с.

2 Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). / Под ред. Н. В. Кузнецова, В. В. Митора, И. Е. Дубовского, Э. С. Карасиной. – М. : Энергия, 1973. – 295 с.

3 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РК, утв. Приказом Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года № 247.

4 Троянкин, Ю. В. Расчет тепловых потерь теплоты через обмуровку промышленных печей с применением ЭВМ. – М. : Изд-во МЭИ, 1983. – 32 с.

5 Троянкин, Ю. В. Методика расчета теплопотерь от наружных поверхностей ограждений тепловых установок // Промышленная теплоэнергетика. – 2000. – №10. – С. 50–51.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Ф. М. Қарабалина

БКЗ-420-140 қазандығының қоршаған ортаға нақты жылу шығындарын анықтау

Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

F. M. Karabalina

Determination of real heat losses in the environment of the boiler BKZ-420-140

Faculty of Energy Engineering,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Бұл мақалада энергия қазандықтарының тиімділігін анықтауға байланысты өзекті мәселелер қарастырылады. Қазандықты төсеу осы құрылғының маңызды элементі болып табылады. Ол қалыпты жағдайда жұмыс істеуге мүмкіндік береді және аз жылу жоғалту. Мақала BKZ-420-140 түріндегі қуат қазандарының термиялық қорғау

мәртебесін талдау нәтижелерін ұсынады. Қазандықтың бетінің температурасын аспаптық өлшеу жүргізілді. Қоршаған ортаға нақты жылу шығыны анықталады. Осы құндылықтар негізінде жылу ағындарының нормативтік мәндерден асып түсетіні дәлелденді. Отынның (көмірдің) артық тұтынлуын есептеу. Бу генераторын орнату арқылы отынның жыл сайын шамадан тыс тұтынлуы – 1115 тонна көмір. Осылайша қазандықтың жылу қорғанысының қанағаттанарлықсыз жағдайы анықталды. Қазандықтың жылу қорғау деңгейін қолайлы мәнге көтеру қажет.

The article deals with topical issues related to determining the efficiency of energy boilers. Lining the boiler is an essential element of this unit. It allows him to work in normal conditions and with minimal heat loss. The article presents the results of the analysis of the thermal protection status of power boilers of the type BKZ-420-140. Instrumental measurements of the temperature of the surface of the boiler unit were carried out. The real heat losses to the environment are determined. On the basis of these values, it is proved that the heat fluxes exceed the normative values. An overrun of fuel (coal) was calculated. The annual excessive consumption of fuel through the setting of the steam generator is 1115 tons of coal. Thus, the unsatisfactory state of the thermal protection of the boiler unit was found. It is necessary to increase the level of thermal protection of the boiler to acceptable values.

ГРНТИ 621.548.620.92

Д. Ж. Карамбаев¹, Т. А. Кишубаева²

¹студент, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, магистр, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ¹dkarambaev@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГИЕЙ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В РАБОТЕ ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ

Цель исследования:

Изучение влияния параметров воздушного потока на эффективность работы инерционного ветродвигателя.

Гипотеза:

Корректировка параметров воздушного потока, проходящего через крыльчатки инерционного ветродвигателя, в сторону увеличения угла атаки приводит к повышению эффективности работы ветродвигателя с улучшением его технических параметров.

Задачи исследования:

- выполнить литературный обзор по теме научного проекта;
- изучить конструкции крыльчатых ветродвигателей и провести анализ их работы;
- экспериментально исследовать традиционные двух и многолопастные крыльчатки;
- предложить пути повышения эффективности работы инерционного ветродвигателя.

Предмет исследования:

исследование работы инерционного ветродвигателя с скорректированными параметрами воздушного потока, проходящего через его крыльчатки.

Этапы работы:

- организационный – выбор темы и постановка цели ;
- формирующий – изучение аналитических материалов по проблеме использования ветра, анализ информации, прогнозирование результатов исследовательской работы.

Актуальность:

• данная тема научного проекта является актуальной, с позиции использования возобновляемых источников энергии для нужды производства.

Новизна:

Была разработана новая конструкция инерционного ветродвигателя и предложено устройство для корректировки параметров воздушного потока, повышающее эффективность работы ветродвигателя и подана заявка на инновационный патент.

Практическая значимость:

– при внедрении в производство инерционного ветродвигателя появляется возможность широкого использования ветродвигателей в народном хозяйстве Казахстана и увеличение доли возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: ветрогенератор, мощность, лопасть, модель, вырабатываемость, улучшение.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день энергия ветра является одним из самых чистых, самых перспективных возобновляемых источников энергии. Современная ветроэнергетика переживает период бурного развития. Ветроэнергетические станции большой мощности, работают параллельно с энергосистемой, а ветростанции малой мощности используются автономно для локальных мало энергоемких потребителей, в большинстве случаев децентрализованных. Одним из видов нетрадиционных возобновляемых источников энергии является энергия ветра.

Энергия ветра на земле неисчерпаема, а в последние 15 – 20 лет бурно развивалось ее использование для производства. Многие столетия человек пытается использовать энергию ветра себе во благо, строя ветростанции, выполняющие различные функции: мельницы, водяные и нефтяные насосы, электростанции.

Экономической альтернативой для отдаленных районов страны могло бы стать использование локальных источников электроэнергии, в том числе работающих на энергии ветра. Децентрализация энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии находит все более широкое применение в мировой энергетике.

В настоящее время более 40 % вырабатываемой электрической энергии в Казахстане производится в Павлодарской области, и она базируется в основном на Экибастузском угле. Однако, запасы угля ограничены, а темпы потребления их возрастают с каждым днем.

Предприятия, производимые электроэнергию путем сжигания каменного угля являются главными загрязнителями окружающей среды, а именно, атмосферы. Потому что в атмосферу выбрасываются дымовые газы, и вместе с ними из-за пыли. Кроме загрязнения атмосферы, после сжигания угля в них образуется много золы, которая также загрязняет окружающую среду.

В этом направлении мы свою работу начали с конструирования нового ветродвигателя, так как, у существующих в мире ветродвигателей имеются те или иные недостатки, которые ограничивают их применения на практике.

I Теоретическая часть

I. 1 Определение понятия

Ветродвигатель преобразует кинетическую энергию ветра в электрическую с помощью генератора в процессе вращения ротора. Лопасти ВЭУ используются подобно пропеллеру самолета для вращения центральной ступицы, подсоединенной через коробку передач к электрическому генератору.

I. 2 Принцип работы ветрогенератора

Установка работает следующим образом. Воздушный поток ветра, проходящий через общий входной конфузор сжимается, благодаря чему увеличивается скорость потока, проходящего через ометаемой лопастями ветроколеса площади. Под напором сжатого потока ветра ветроколеса 1, установленные на вертикальных стойках 9, и крутящий момент через зубчатую передачу между шестеренками ветроколеса и внутренними зубьями карусельного инерционного колеса 2 вращаются быстрее по сравнению с ветроколесами без общего входного конфузора (Рис.1) (Рис.2).

Чем больше сжимается поток воздуха, тем больше скорость его движения и тем больше энергии вырабатывает ветроэнергетическая установка.

При направлении ветра, отличном от фронтального направления ветроколеса установки, на флюгер давит его сила, вызывая появление вращающего момента на платформе 4 относительно шарнирной опоры 6. Платформа 4, и вместе с ней ветроэнергетическая установка поворачивается до тех пор, пока не займет продольное положение относительно потока ветра (Рис.1) (Рис.2).

Увеличение скорости и сжатие воздушного потока перед объединением и усилием вращения нескольких ветроколес путем установки их на карусельном колесе и передача их крутящих моментов в генератор через инерционный передаточный механизм позволят увеличить КПД ветроэнергетической установки и стабилизировать ее работу при изменении силы ветра.

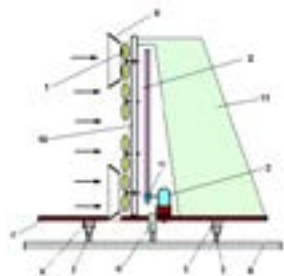


Рисунок 1

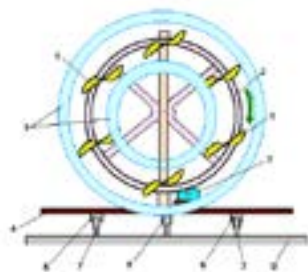


Рисунок 2

II Практическая часть

II.1 Повышение эффективности работы ветроустановки

Данная тема научной статьи является актуальной, с позиции использования возобновляемых источников энергии для нужд производства.

Энергия ветра в течение длительного времени рассматривается в качестве экологически чистого неисчерпаемого источника энергии.

У нас в Казахстане ветра много. Производство электроэнергии в Казахстане в 2013 году составило 71,6 миллиардов кВт/ч. Наблюдается устойчивая динамика увеличения потребления и производства электроэнергии, что связано с развитием экономики. Динамика роста потребления и производства электроэнергии по Республике Казахстана на перспективу представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика роста потребления и производства электроэнергии по Казахстану

Годы	2011	2013	2015	2017
Потребление электроэнергии Млрд кВтч/год	71,8	76,6	91,5	113
Производство электроэнергии Млрд кВтч/год	71,5	75,5	85,0	94,5
Дефицит, млрд кВтч/год	0,3	1,1	6,5	18,5

В этом направлении мы свою работу начали с конструирования нового ветродвигателя, так как, у существующих в мире ветродвигателей имеются те или иные недостатки, которые ограничивают их применения на практике.

При разработке данного проекта были разработаны лабораторные приборы и проведены исследования для изучения и увеличения эффективности работы нашего ветрогенератора.

1) Была разработана и сконструирована Аэродинамическая труба (Рис.3), при помощи которой мы определяли влияние параметров лопастей на величину вырабатываемой мощности ветродвигателем.

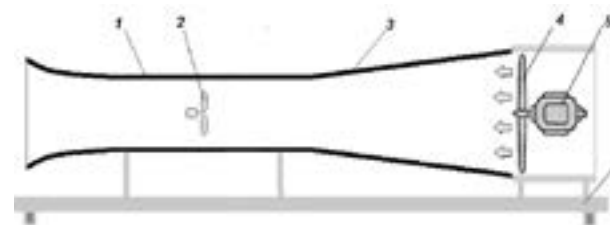


Рисунок 3

2) Проводили исследования зависимости напряжения от числа лопастей и угла их поворота при помощи лабораторной установки «Wind trainer». (Рис.4)



Рисунок 4

3) Проводили исследования для измерения скорости ветра при помощи анемометра. (Рис.5) (Таблица 2)

Таблица 2

20км/ч=5,5м/с	31°
30км/ч=8,3 м/с	36°
40км/ч=11,1 м/с	41°
50км/ч=13,8 м/с	49°
60км/ч=16,6 м/с	58°

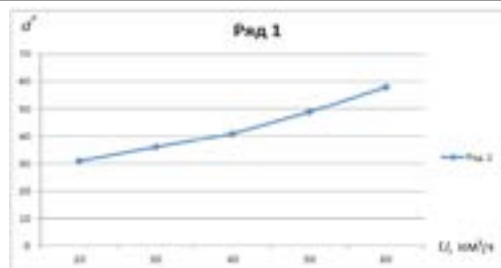
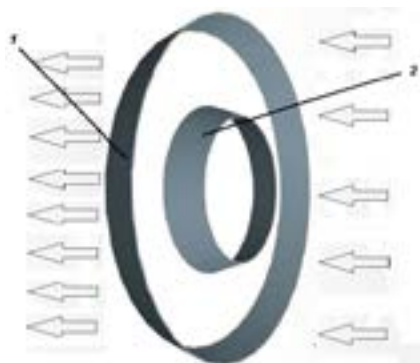


Рисунок 5

4) Конфузор (Рис.6), образованный двумя ободками обеспечивает сжатие проходящего через него воздушного потока, в результате которого увеличивается его скорость, тем самым повышается коэффициент использования энергии ветра ветроэнергетической установки.



1 – внешний ободок; 2 – внутренний ободок
Рисунок – 6

5) Для улучшения работы нашего устройства нами были разработаны устройства «Перегородка», с помощью которой мы можем корректировать направление потока воздуха, направляя их на крыльчаточки.

Данные «перегородки» будут расположены вокруг нашего ветродвигателя закрепленные на конфузоре (Рис.7).



Рисунок 7

Общий вид ветрогенератора (Рис.8)



Вид сбоку



Вид спереди

Рисунок 8

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Назарбаев, Н. А.** «Социально-экономическая модернизация – главный вектор развития Казахстана» Послание Президента Республики Казахстан Лидера Нации народу Казахстана. – Январь, 2012 г.

2 Возобновляемая энергетика в мире. // Научно-популярный журнал «Жер-ана». Сборник статей. – № 10. – 2004.

3 **Рензо, Д. де, Зубарев, В. В.** Ветроэнергетика. – М. : Энергоатомиздат, 1982.

4 Автономные ветроэлектрические установки. – М. : изд-во Ученый совет ГНУ ВИЭСХ, 2006.

5 Ветроэнергетика. В. М. Каргиев, С. Н. Мартиросов, В. П. Муругов. – М. : 2001.

6 Ветро двигатели и ветроустановки. Е. М. Фатеев. – М. : 1948.

7 Энергетика : проблемы настоящего и возможности будущего / В. Родионов

8 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / В. Г. Лабейш. – 2003.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Д. Ж. Карамбаев¹, Т. А. Кишубаева²

Управление энергией воздушного потока в работе ветродвигателя

^{1,2}Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

D. Zh. Karambayev¹, T. A. Kishubayeva²

Air flow control in wind engine operation

^{1,2}L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Зерттеудің мақсаты:

Ауа ағыны параметрлерінің инерциялық жел қозғалтқышы жұмысының тиімділігіне әсерін зерттеу.

Гипотеза:

Инерциялық желқозғалтқыштың қанатшалары арқылы өтетін ауа ағынының параметрлерін әсер ету бұрышын ұлғайту жағына қарай түзету желқозғалтқыштың техникалық параметрлерін жақсартып отырып, жұмысының тиімділігін арттыруға алып келеді.

Зерттеу міндеттері:

- ғылыми жоба тақырыбы бойынша әдеби шолу жасау;
- қанаттық жел қозғағыштардың құрылымын зерттеу және олардың жұмысына талдау жүргізу;
- Эксперименталды зерттеу дәстүрлі екі және көп қабатты қанатшалар;
- инерциялық жел қозғалтқышы жұмысының тиімділігін арттыру жолдарын ұсыну.
- Зерттеу пәні:
- қанатша арқылы өтетін ауа ағынының түзетілген параметрлерімен инерциялық жел қозғалтқышының жұмысын зерттеу.

• *Жұмыс кезеңдері:*

• *ұйымдастыру-тақырыпты таңдау және мақсат қою ;*

• *қалыптастырушы-желді пайдалану мәселесі бойынша аналитикалық материалдарды зерттеу, ақпаратты талдау, зерттеу жұмысының нәтижелерін болжау*

Өзектілігі:

• *ғылыми жобаның осы тақырыбы өндіріс қажеттілігі үшін жаңартылатын энергия көздерін пайдалану тұрғысынан өзекті болып табылады.*

Жаңалығы:

Инерциялық желқозғалтқыштың жаңа құрылымы әзірленді және желқозғалтқыштың жұмысының тиімділігін арттыратын ауа ағынының параметрлерін түзету үшін құрылғы ұсынылды және инновациялық патентке өтінім берілді.

Практикалық маңыздылығы:

- өндіріске инерциялық жел қозғалтқышын енгізу кезінде Қазақстанның халық шаруашылығында жел қозғалтқыштарын кеңінен пайдалану және жаңартылатын энергия көздерінің үлесін ұлғайту мүмкіндігі пайда болады.

The purpose of the study:

The study of the influence of the parameters of the air flow on the efficiency of the inertia of the wind turbine.

Hypothesis:

Adjustment parameters of air flow through the impeller inertial wind turbine, to increase the angle of attack increases the efficiency of the wind turbine with the improvement of it's the wind turbine.

Objectives of the study:

- *to perform a literature review on the topic of a research project;*
- *to examine the vane wind turbine design and analysis of their work;*
- *to experimental study of the traditional two and multiblade impellers;*
- *to suggest ways to improve the efficiency of the wind turbine inertia.*

Subject of study:

- Research work of inertia of a wind turbine with corrected parameters of the air flow through the impeller.

Stages of work:

- *Organizational-to choose the theme and statement of purpose;*
- *Forming – to study of the analytical materials on the use of wind data analysis, forecasting the results of research.*

Actuality:

- *The topic of a research project is relevant from the standpoint of the use of renewable energy of production needs.*

Novelty:

It has developed a new design of wind turbine inertia, and device for adjusting the parameters of the air flow, increases the efficiency of the wind turbine and apply for an innovative patent.

Practical significance:

- *The introduction in the production of wind turbine inertia becomes possible wider use of wind turbines in the national economy of Kazakhstan and increase the share of renewable energy sources.*

ГРНТИ 73.31.41

**Н. К. Карбаев¹, К. К. Абишев², Д. С. Шонтаев³,
Б. Т. Оразалиев⁴, А. Б. Сагатбекова⁵**

¹к.т.н., доцент, Транспортно-энергетический факультет, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., доцент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁵магистр, ассистент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ³dshontaev@mail.ru; ⁴berik.oralali@mail.ru; ⁵ako.90@mail.ru

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ВОЛНИСТОСТИ ДОРОГИ НА КОЛЕБАНИЯ САМОХОДНОГО БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ

Снижение колебаний СБС, вызываемых возмущающими силами, разнообразными по природе, характеру воздействия к направлению с целью сохранения цельности бетонной смеси, является актуальной задачей.

Ключевые слова: колебания, бетон, бетоносмеситель, волнистость дороги.

ВВЕДЕНИЕ

Колебания самоходного бетоносмесителя (СБС) вызываются возмущающими силами, разнообразными по природе, характеру воздействия и направлению. Основные источники возмущения колебаний СБС следующие: неровности поверхности дороги, эксцентриситет и неравномерность вращения колес, неуравновешенность колес, вращающихся частей двигателя, трансмиссии и вращения смесителя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Силы и моменты имеют место вследствие изменения скорости базового автомобиля или направления его движения, а также аэродинамическими

воздействиями. Следует отметить, что данные силы и моменты изменяются сравнительно медленно и носят квазистатический характер. Возможны и другие причины возникновения колебаний инерционные воздействия перевозимого груза или изменений величины крутящего момента двигателя при холостом ходе.

СБС при движении по дороге с неровной поверхностью обычно испытывает случайные колебания. При сохранении неизменными условия движения (состояние СБС, дороги и др.), то при многократном повторении заездов колебания какой либо массы СБС будут естественно иные т.е. не будут в точности повторяться. Причина состоит в том, что дорога представляет собой поверхность со случайными расположением неровностей.

Микропрофиль дороги является случайной функцией протяженности дороги (пройденного пути X), т.е. его ординаты при любом значении X являются случайной величиной.

Случайная функция продольного микро профиля дороги, представляет ее реализацию [1, 2], а повторные-совокупность (ансамбль) реализаций. Следовательно, колебания базового автомобиля СБС варьируются во времени t, т.е. представляют собой случайный процесс.

Считая, что СБС движется равномерно, необходимо перейти от случайной функции к случайному процессу.

Следовательно, случайная функция (процесс) является совокупностью бесконечного числа реализаций и в общем случае следует обозначить следующим образом: $\{h(d, x)$, где $-\infty < x < \infty$ и $d = 1, 2, \dots, \infty$.

В дальнейшем необходимо обозначать эту функцию (или процессы) $h(x)$. Случайную функцию следует характеризовать статистическими характеристиками, которые получают усреднением, проводимым по совокупности реализации: для момента времени t, или по времени – для одной реализации. Координат микропрофиля $h_1(x_1), h_2(x_2), \dots, h_1(\infty_1), \dots, h_n(x_n)$ которые следует рассматривать как случайные величины. Для них следует находить соответствующие им статистические характеристики: закон распределения ординат микропрофиля и числовые величины, т.е. начальные или центральные моменты различных порядков. При осреднении по реализации такую случайную функцию необходимо считать как случайную функцию, удовлетворяющую следующим допущениям: функция стационарна и эргодична, кардинально подчиняются нормальному закону, длины неровностей ограничены по верхнему и нижнему пределам микропрофиля меняется случайным образом только в вертикальной продольной плоскости дороги.

Статистические характеристики случайной функции (процесса) применительно к микропрофилю дороги представляют собой средние

значения, различные, если проводить осреднение по совокупности реализации или для одной реализации, т.е. по протяженности (времени).

Основными статистическими характеристиками следует считать: среднюю ординату микропрофиля или математическое ожидание, среднее квадратичное отклонение или дисперсию ординат, корреляционную функцию или спектральную плотность.

Если $h'(x)$ – ординаты микропрофиля, отсчитываемые от некоторой горизонтали O_1, O_1' (рисунок 1,а), то осреднение по совокупности реализации будет выглядеть следующим образом:

$$[h_{cp}] = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{h'_i(x)}{\alpha} \tag{1}$$

В случае осреднения для одной реализации, при длине дорожного участка получим

$$h_{cp} = \lim_{l \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{l} \right) \int_0^l h'(x) dx \tag{2}$$

Прямая $O_1 O_1'$ соответствует величине X. Случайную функцию удобно центрировать, перенеся оси в абсцисс с прямой $O_1 O_1'$ на прямую $O_2 O_2'$. Центрированная функция (рисунок1) $h(x)$ удобна тем, что математическое ожидание для нее в дальнейшем не рассматривается. Далее считаем, что микропрофиль дороги является центрированной случайной функцией.

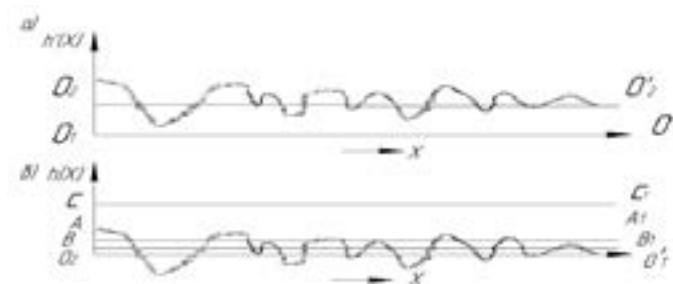


Рисунок 1 – Реализация случайной функции и ее средние значения

Проведя осреднение по совокупности реализаций, получим дисперсию

$$[h_c] = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{h'^2_i(x)}{d} \tag{3}$$

Дисперсия ординат (прямая СС), полученная при осреднении одной реализации.

$$h_c^2 = \lim_{l \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{l} \right) s_{\sigma}^2 h^2(x) dx \quad (4)$$

Среднее квадратическое отклонение [hc] или hc получится при извлечении квадратного корня из дисперсии. Величина hc соответствует прямой А-А1

Среднее абсолютных значений ординат одной реализации, отсчитываемых от математического ожидания (прямая ВВ1):

$$h_{ca} = \lim_{l \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{l} \right) s_{\sigma}^2(x) dx \quad (5)$$

Средняя по совокупности реализации получим корреляционную функцию

$$K_h(x_1, x_2) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{h_i(x_1)h_i(x_2)}{n} \quad (6)$$

Допущение о стационарности микропрофиля дороги существенно упрощает определения корреляционной функции: она зависит только от величины отрезка пути x_1 . Корреляционная функция будет одинакова и для всех рассматриваемых участков. Следовательно, уравнение (6) следует выразить следующим образом:

$$K_h(X_c) = \lim_{l_h \rightarrow \infty} (1/l_h) s_{\sigma}^2 h(x)h(x + x_c) dx \quad (7)$$

Если отнести ординаты корреляционной функции к дисперсии, то получим нормированную корреляционную функцию

$$K_h^H(X_c) = K_h(X_c) / h^2 c_k \quad (8)$$

где ординаты – безразмерные величины. Если задана нормированная корреляционная функция, то одновременно должна быть известна и дисперсия (средне-квадратическое, значение) ординат микропрофиля дороги.

Если представление об изменении микропрофиля по длине участка дороги (или случайного колебательного процесса во времени) выражается через корреляционную функцию, то другая характеристика (спектральная плотность дисперсий или энергетический спектр) представляет собой частоту повторений длин неровностей (о преобладающих частотах при случайном процессе). Спектральная плотность имеет аргументом так называемую «частоту дороги» («путевую частоту»)

$$\omega_{пут} = \frac{2\pi}{l} \quad (9)$$

где l-длина неровности.

Следует отметить, что корреляционная функция $k_h(l)$ и спектральная плотность дисперсии $C_h(\omega_{пут})$ взаимно являются преобразованием Фурье:

$$K_h(X_1) = 2 \int_0^{\infty} C_h(\omega_{пут}) \cos(\omega_{пут}, X_1) d(\omega_{пут}); \quad (10)$$

$$C_h(\omega_{пут}) = \left(\frac{1}{\pi} \right) \int_0^{\infty} K_h(X_1) \cos(\omega_{пут}, X_1) dX_1 \quad (11)$$

Уравнения (10) позволяют переходить от K_h к C_h и обратно оба уравнения содержат одинаковую информацию о случайном случае, когда надо знать, содержит ли случайная функция периодическую составляющую. Спектральная плотность более наглядно характеризует частотные составляющие, и ее следует использовать при расчетах колебаний СБС, вызванных случайным микропрофилем дороги.

Если отнести величину спектральной плотности к дисперсии, то можно получить нормированную величину спектральной плотности.

$$C_h^H(\omega_{пут}) = C_h \left(\frac{\omega_{пут}}{h^2 c_k} \right) \quad (12)$$

Для дорог с волнообразными выступами и впадинами М.Д. и Н.Д. Агеевы предложили полагать направления гребнем и впадин перпендикулярными к продольной оси дороги [3].

В данном случае микропрофиль дороги следует охарактеризовать двумя параметрами – ординатой $h(x)$ среднего сечения и углом поперечного сечения. В этом случае статистическое описание микропрофиля дороги следует задавать двумя более простыми, чем при двумерном процессе, корреляционными функциями

$$K_h(X_1) = \lim_{l_h \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{l_h} \right) \int_0^{l_h} h(x)h(x + x_c) dx \quad (13)$$

$$K_p(X_i) = \lim_{h \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{h} \right) \int_0^h \beta_h(x) \beta(x + x_c) dx \quad (14)$$

ВЫВОДЫ

Микропрофиль дороги следует рассматривать как случайную функции имеющую следующие статистические характеристики: средняя ордината микропрофиля или математическое ожидание, среднее квадратичное отклонение или дисперсию ординат, корреляционную функцию или спектральную плотность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Вентцелье, С.** Теория вероятностей-м.Физматгиз, 2002–340 с.
- 2 **Гайцгорин, М., Малиновский, Е. Ю.** К исследованию динамики системы «Дорога–машина-человек» М. машиноведение, 1998, № 3–315 с
- 3 **Агеев, М. Д.** Управление распределением энергии при работе АНПА с питанием от солнечных батарей // Морские технологии. Владивосток: Дальнаука, 1996. Вып. 1. С. 21–36.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Н. К. Карбаев¹, К. К. Абишев², Д. С. Шонтаев³, Б. Т. Оразалиев⁴, А. Б. Сагатбекова⁵

Өздігінен жүретін бетон араластырғыштың тербелуіне жолдың толқындылығының әсері жайлы мәселелер

- ¹Көлік-энергетика факультеті,
Л. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;
²Металлургия, машинажасау және көлік факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;
^{3,4,5}Техникалық факультеті,
С. Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 19.12.18 баспаға түсті.

N. K. Karbaev¹, K. K. Abishev², D. S. Shontaev³, B. T. Orazaliev⁴, A. B. Sagatbekova⁵

To the question of the influence of the wave of the road on the self-proof of the self-construction concrete mixer

- ¹Faculty of Transport and Energy,
L. N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;
²Faculty of Metallurgy, Machine Building and Transport,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;
^{3,4,5}Technical Faculty,
S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Өздігінен жүретін бетон араластырғыштардың тербелуін, табиғаты жағынан түрлі болып келетін, қоздырғыш күштердің туындауы есебінен төмендету және бетон қоспасының бүтіндігін сақтап қалу мақсатында бағытқа әсер ету сипаттамасы өзекті мәселе болып табылады.

Reduction in the vibrations of SBS, caused by disturbing forces, diverse in nature, the nature of the impact on the direction in order to maintain the integrity of the concrete mixture, is an urgent task.

**Б. С. Келаманов¹, Е. У. Жумагалиев²,
Е. К. Самуратов³, А. М. Акуов⁴, А. А. Абілберікова⁵**

¹к.т.н., зав. кафедрой, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

²к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., ст. преподаватель, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

⁵магистр, преподаватель, Технический факультет, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, г. Актюбе, 030000, Республика Казахстан;

e-mail: ¹kelamanov-b@mail.ru; ²erlan_zhumagalie@mail.ru;

³samuratov.ek@mail.ru; ⁴akuov.am@mail.ru; ⁵abilberikova90@mail.ru

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ-ДИАГРАММНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ NI-FE-CR-C

В статье приведены результаты расчета термодинамических параметров соединений, образующихся между компонентами системы. С помощью них проведен полный термодинамически-диаграммный анализ системы Ni-Fe-Cr-C с учетом конгруэнтных соединений. В результате, которого установлено, что данная система состоит из 6 элементарных тетраэдров. Сумма относительных объемов элементарных тетраэдров равна единице (1,000000), что подтверждает верность проведенной тетраэдрации.

Ключевые слова: феррохром, система Ni-Fe-Cr-C, термодинамический-диаграммный анализ, триангуляция, тетраэдрация

ВВЕДЕНИЕ

Альтернативой классическому термодинамическому исследованию процессов в металлургии является развиваемый метод анализа геометрической

термодинамики – термодинамически-диаграммный анализ. Этот метод особо эффективен в плане приложения к металлургической технологии, поскольку позволяет выявить особенности фазового строения вовлекаемых в металлургический передел сырьевых материалов, изменение их состава по мере восстановления и состояния получаемых из них конечных продуктов. При этом конечным результатом таких исследований является диаграмма фазового строения отдельно взятой системы, наиболее близкой к составам соответствующей металлургической продукции. По этой диаграмме можно наглядно проследить эволюцию фазовых превращений в металлических системах и прогнозировать их конечное состояние.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной работе рассматривается возможность построения такой диаграммы для системы Ni-Fe-Cr-C, характеризующей составы различных никель, -хромсодержащих сплавов.

Для проведения триангуляции этой металлической системы возникает необходимость в определении значений энергии Гиббса (ΔG_{298}) всех соединений, образующихся между компонентами системы. Справочные данные о ΔG_{298} для некоторых соединений системы взяты из [1]. Однако значения ΔG_{298} для практически многих соединений отсутствуют.

Значение стандартной энергии Гиббса любого соединения при любой температуре можно определить, используя известное уравнение Гиббса-Гельмгольца при известном ΔH_T^0 и ΔS_T^0 (индекс Т указывает на температурную зависимость) [2]:

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_T^0 - T \Delta S_T^0 \quad (1)$$

Поскольку для многих соединений системы не имеются не только значения ΔS_{298}^0 , но и сведения об их теплоемкости как в твердом, так и в жидком состояниях в работе поставлена задача построения диаграммы фазового строения системы Ni-Fe-Cr-C только при стандартной температуре (298 К).

Для определения значений ΔS_{298}^0 соединений, для которых в справочниках отсутствуют данные, применили метод Герца [2,3], по которой стандартную энтропию элементов можно найти по формуле:

$$S_{298}^0 = K_G \cdot (M/C_{p,298})^{1/3} \cdot m \quad (2)$$

где, K_G – постоянная Герца (20,5); M – молекулярная масса; $C_{p,298}$ – молярная теплоемкость при 298 К; m – число атомов в соединении.

В связи с тем, что метод Герца с фиксированным значением $K_r=20,5$ не позволяет получать высокую точность, авторы [2] усовершенствовали ее и установили, что имеется хорошая зависимость между средними значениями K_r и M_a (молярной массой) элемента, являющегося в соединении анионами:

$$K_r = 33,5 \cdot \frac{x^2 + x^2}{(e^x - 1)^2} \quad (3)$$

где, $x = 42,4/M_a$

Это уравнение удобнее тем, что в нем отсутствует теплоемкость.

Таблица 1 – Температуры плавления ($T_{пл}$) и характеристические температуры (Q_D) веществ в кристаллическом состоянии

Элемент	$T_{пл}$, К	Q_D , К
Ni	1728	375
Fe	1808	433
Cr	2180	490
C	3780	1860

Расчет теплоемкости твердых веществ проводили по теории Дебая [3]. Необходимыми источниками для расчета по этой теории являются дебаевские характеристические температуры элементов, входящие в состав химического соединения и $T_{пл}$ этих элементов и самого соединения.

Из таблицы 1 находим исходные данные для расчета и определяем характеристические температуры элементов для конкретного соединения по формуле Корефа [3]:

$$Q_D' = Q_D \sqrt{T_{пл}'/T_{пл}} \quad (4)$$

где, $T_{пл}'$ и $T_{пл}$ – температуры плавления соединения и элемента, соответственно.

Затем находим изохорную теплоемкость элементов с использованием функции Дебая и суммируем их. Переход из изохорной теплоемкости в изобарную осуществляется при помощи уравнения Нернста-Линдемана [3]:

$$C_p = C_v + 0,0051 \cdot T \cdot C_p^2/T_{пл} \quad (5)$$

Полученные в результате расчета все термодинамические параметры соединений в системе Ni-Fe-Cr-C приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета термодинамических параметров

Соединения	ΔG_{298}	ΔS_{298}	$C_{p,298}$
	кДж/моль	Дж/моль	
Ni ₃ Fe	-67,917	-46149	46,52
Fe ₃ C	18,4119	23,6	90,5
Ni ₃ C	-25,10	55,67	43,69
Cr ₇ C ₃	-194,3172	-320,4	188,06

В результате проведения триангуляции системы Fe-Cr-C (рис.1) образовались 3 области и два конгруэнтных соединения – Cr₇C₃ и Fe₃C. Эти соединения плавятся при температурах 1789°C и 1252°C соответственно.

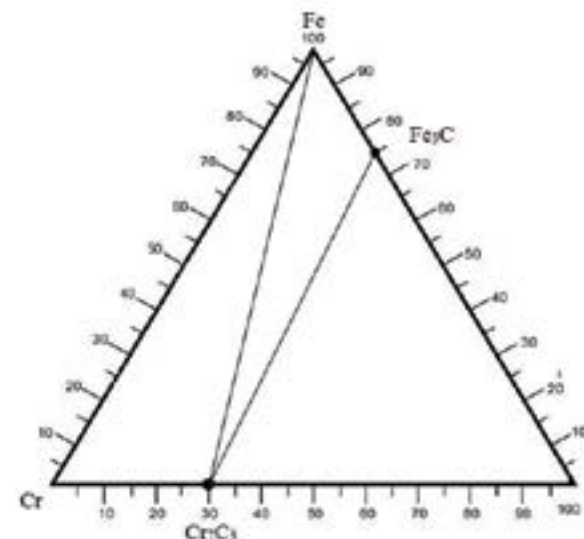


Рисунок 1 – Система Fe-Cr-C

По результатам работы [4] в системе Fe-Ni-Cr были построены треугольник, без учета инконгруэнтных соединений. Обнаружено 1 конгруэнтное соединение – Ni₃Fe. Это соединение плавится конгруэнтно при 516°C. В результате проведения триангуляции системы Fe-Ni-Cr (рис. 2) выявлено 2 области (Fe-Ni₃Fe-Cr; Ni₃Fe-Ni-Cr).

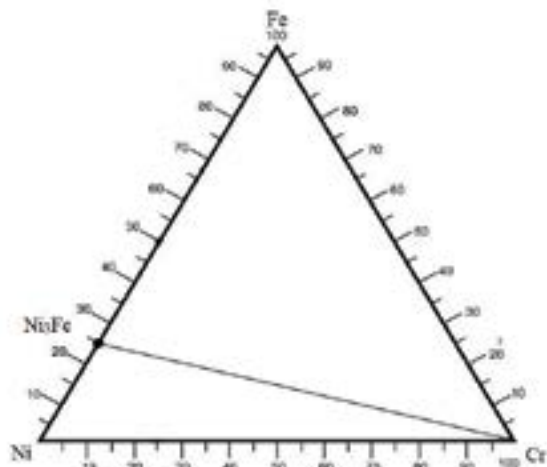


Рисунок 2 – Система Ni-Fe-Cr

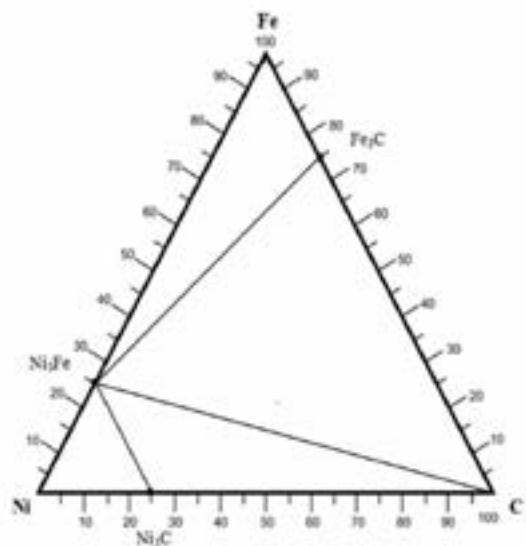


Рисунок 3 – Система Fe-Ni-C

По данным работы [4] в системе Fe-Ni-C был построен треугольник, без учета инконгруэнтных соединений. В результате проведения триангуляции системы Fe-Ni-C (рис.3) выявлено 4 областей (Fe-Ni₃Fe-Fe₃C; Fe₃C-Ni₃Fe-C;

Ni₃Fe-Ni₃C-C; Ni₃Fe-Ni-Ni₃C). В системе обнаружено три конгруэнтных соединения – Ni₃Fe, Ni₃C, Fe₃C. Эти соединения плавятся конгруэнтно при 516, 1057 и 1252 °С, соответственно.

По результатам работы в системе Ni-Cr-C нами были построены треугольник, без учета инконгруэнтных соединений. В результате проведения триангуляции системы Ni-Cr-C (рис. 4) выявлено три области (Ni-Cr-Cr₇C₃; Ni-Cr₇C₃-Ni₃C; Ni₃C-Cr₇C₃-C). Обнаружена два конгруэнтных соединения – Ni₃C и Cr₇C₃.

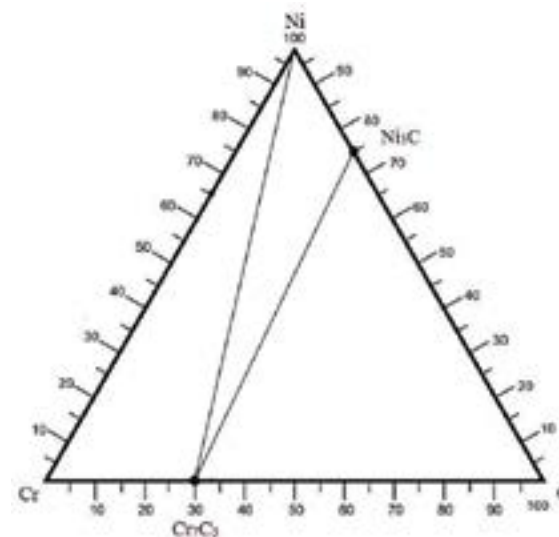


Рисунок 4 – Система Ni-Cr-C

Принятые координаты (на основе массовой доли *1000) конгруэнтных соединений системы Ni-Fe-Cr-C, используемых в дальнейшем при изучении их полей кристаллизации, приведены в таблице 3. В системе образуются 8 простых и сложных соединений.

Таблица 3 – Конгруэнтные металлические соединения в системе Ni-Fe-Cr-C и их координаты на четверном концентрационном симплексе (тетраэдре)

№ п/п	Соединения	Координаты на основе массового состава			
		Ni	Fe	Cr	C
1	2	3	4	5	6
1.	Ni	1000	0	0	0

2.	Fe	0	1000	0	0
3.	Cr	0	0	1000	0
4.	C	0	0	0	1000
5.	Ni ₃ Fe	760	240	0	0
6.	Fe ₃ C	0	933		67
7.	Ni ₃ C	937	0	0	63
8.	Cr ₇ C ₃	0	0	910	90

На рисунке 5 приведен общий вид анализируемой системы с учетом метастабильных соединений

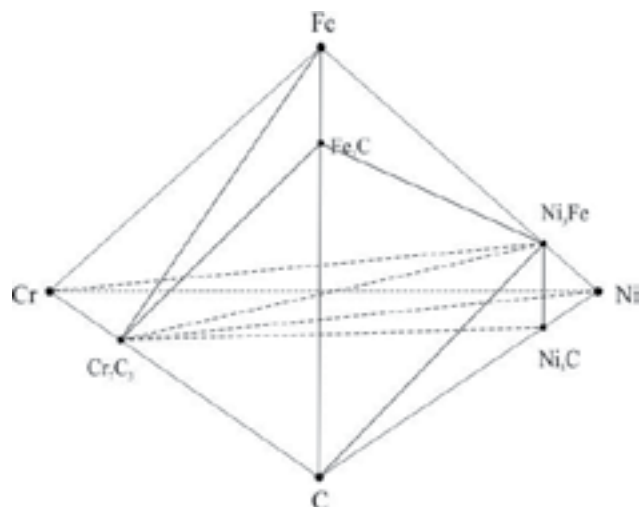


Рисунок 5 – Тетраэдрация металлической системы Fe-Ni-Cr-C

Система состоит из 6 элементарных тетраэдров, в скобках приводятся их объемы:

- Ni-Cr₇C₃-Ni₃Fe-Cr (0,021600)
- Cr-Ni₃Fe-Cr₇C₃-Fe (0,068400)
- Fe₃C-Ni₃Fe-Cr₇C₃-Fe (0,046337)
- Ni₃C-Ni₃Fe-Cr₇C₃-Ni (0,013759)
- Fe₃C-Ni₃Fe-Cr₇C₃-C (0,645263)
- Ni₃C-Ni₃Fe-Cr₇C₃-C (0,204641)

Разбивка общей системы осуществлена с учетом конгруэнтных соединений. Сумма относительных объемов элементарных тетраэдров равна единице (1,000000), что подтверждает верность проведенной тетраэдрации.

Таким образом, приведенные сведения и результаты проведенных расчетов подтверждают достоверность тетраэдрации диаграммы фазового строения металлической системы Fe-Ni-Cr-C. Это впоследствии позволит определить фазовый состав металлических продуктов при выплавке различных никель-, хромсодержащих сплавов и предельные остаточные содержания в них никеля при одновременном использовании последних в процессах восстановления хрома из хромовой руды, а также их брикетов.

ВЫВОДЫ

1 Определены термодинамические параметры соединений, образующихся между компонентами системы: энтропии соединений ΔS_{298}^0 определены усовершенствованным методом Герца; расчет теплоемкости твердых веществ проведен по теории Дебая; характеристические температуры элементов для конкретного соединения определены по формуле Корефа; изохорная теплоемкость элементов определены с использованием функции Дебая; переход из изохорной теплоемкости в изобарную осуществлен при помощи уравнения Нернста-Линдемана.

2 С помощью них проведен полный термодинамически-диаграммный анализ системы Fe-Ni-Cr-C с учетом конгруэнтных соединений: в результате проведения триангуляции системы Fe-Cr-C построен треугольник, состоящий из 3 областей (Cr-Fe-Cr₇C₃; Fe-Cr₇C₃-Fe₃C; Cr₇C₃-Fe₃C-C); в системе Fe-Ni-Cr образовались 2 области (Fe-Ni₃Fe-Cr; Ni₃Fe-Ni-Cr); в системе Fe-Ni-C образовались 4 области (Fe-Ni₃Fe-Fe₃C; Fe₃C-Ni₃Fe-C; Ni₃Fe-Ni₃C-C; Ni₃Fe-Ni-Ni₃C); в системе Ni-Cr-C образовались 3 области (Ni-Cr-Cr₇C₃; Ni-Cr₇C₃-Ni₃C; Ni₃C-Cr₇C₃-C).

3 По этим данным построен тетраэдрация системы с учетом метастабильных соединений. В результате, которого установлено, что данная система состоит из 6 элементарных тетраэдров. Сумма относительных объемов элементарных тетраэдров равна единице (1,000000), что подтверждает верность проведенной тетраэдрации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Глушко, В. П. Термические константы веществ. – М. : Академия Наук СССР. – Выпуск VII. – Часть 1. – 1974. – 343 с.

2 Морачевский, А. С., Сладков, И. В. Термодинамические расчеты в металлургии // Справочник. – М. : Металлургия, 1985. – 137 с.

3 Касенов, Б. К., Алдабергенов, М. К., Пашинкин, А. С., Касенова, Ш. Б., Балакеева, Г. Т., Адекенов, С. М. Методы прикладной термодинамики в химии и металлургии // Караганда : «Гласир», 2008. – 332 с.

4 Диаграмма состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа. Под ред. О. А. Банных, М. Е. Дрица // М. : Металлургия, – 1986. С. 146–148.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Б. С. Келаманов¹, Е. У. Жумагалиев², Е. К. Самуратов³, А. М. Акуов⁴,
А. А. Абилберікова⁵

Ni-Fe-Cr-C жүйесінің термодинамикалық-диаграммалық талдануы

^{1,3,4,5}Техникалық факультеті,

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті,
Ақтөбе қ., 030000, Қазақстан Республикасы;

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

B. S. Kelamanov¹, E. U. Zhumagaliev², E. K. Samuratov³, A. M. Akiyov⁴,
A. A. Abilberikova⁵

Thermodynamic-diagram analysis of Ni-Fe-Cr-C system

^{1,3,4,5}Technical Faculty,

Aktobe Regional State University named after K. Zhubanov,
Aktobe, 030000, Republic of Kazakhstan;

²S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақалада жүйе компоненттерінің арасында түзілетін термодинамикалық параметрлерді есептеудің нәтижелері келтірілген. Олардың көмегімен Ni-Fe-Cr-C жүйесінің конгруэнтті қосылыстары ескеріле отырып толық термодинамикалық-диаграммалық талдануы жүргізілді. Осы мәліметтер арқылы метатұрақты қосылыстар ескеріле отырып жүйенің тетраэдрациясы тұрғызылды. Нәтижесінде бұл жүйе 8 қарапайым тетраэдрден тұратыны бекітілді. Қарапайым тетраэдрлердің салыстырмалы көлемдерінің қосындысы бірге (1,00000) тең болды, яғни бұл жүргізілген тетраэдрацияның дұрыстығын растайды.

The results of calculation of the thermodynamic parameters of the compounds formed between the components of the system are given in this article. With the help of them, a complete thermodynamic-diagram analysis of the Ni-Fe-Cr-C system was carried out taking into account congruent compounds. According to these data, the tetrahedral system is constructed with metastable compounds taken into account. As a result, it is established that this system consists of 8 elementary tetrahedrons. The sum of the relative volumes of elementary tetrahedrons is equal to unity (1.00000), which confirms the correctness of the tetrahedron performed.

А. П. Кислов¹, Г. Ф. Бойко², Д. В. Птицын³

¹к.т.н, профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²ст. преподаватель, кафедра «Экономика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³преподаватель, Омский государственный технический университет, г. Омск, 644000, Российская Федерация

e-mail: ¹kislovpsu@mail.ru; ²boiko@mail.ru

**ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
КРУПНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

В статье изложены задачи, согласно энергетической стратегии Казахстана, стоящие перед крупными ТЭС страны.

Дана классификация уровней модернизации энергооборудования по глубине проведения.

Рассмотрен зарубежный и отечественный опыт повышения эффективности работы крупных электростанций работающих на твердом топливе.

Это опыт угольной электростанции Марта в Венгрии, где непрерывные обновления и модернизации сохраняют эту электростанцию в рабочем состоянии уже более пятидесяти лет.

Описан опыт решения проблемы снижения выбросов окислов азота на тепловых электростанциях Италии.

Рассмотрены меры по повышению надежности, экологичности эффективности управления и мониторинга на электростанции Yeongheung в Сеуле.

Изложен опыт России по реконструкции и модернизации энергоблоков тепловых электростанции и огромный опыт Аксуской ЭС Казахстана.

Ключевые слова: модернизация, реконструкция, надёжность, мобильность, маневренность, экологичность, мониторинг, эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Энергетика это одна из базовых отраслей любой страны. Она играет важную роль не только в экономике, но и социальной сфере государства.

В республике Казахстан энергетический комплекс определен как один из приоритетных секторов экономики.

Разработана энергетическая стратегия Казахстана до 2050 года, согласно которой на тепловых электростанциях большой мощности предстоит «создание новых, модернизация и техническое перевооружение действующих мощностей генерации энергии», так как средний возраст крупных тепловых электростанций в стране составляет порядка сорока лет.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Упор в энергетической стратегии Казахстана сделан на модернизацию и реконструкцию ТЭС.

Модернизация – это комплекс мероприятий направленных на коренное переустройство объекта, на его усовершенствование.

Модернизация позволяет улучшить технико-экономические свойства объекта и связана с заменой его конструктивно значимых элементов более совершенными и эффективными. Это и приведение объекта в соответствие с современными нормами, критериями и требованиями.

Реконструкция же включает переустройство существующего объекта и связана с общим его износом. Цель – качественно изменить технические показатели, либо полностью восстановить исходное состояние.

По глубине проведения в энергетике различают три уровня проведения модернизации: малозатратный, глубокий и радикальный.

При малозатратном уровне модернизации стоит задача повышения надежности и экономичности эксплуатации действующего оборудования.

Для повышения надежности работы оборудования ведется диагностика, мониторинг технического состояния оборудования и далее внедряются уже опробованные технические решения, касающиеся повышения ресурса металла, улучшения водно-химического режима, вопросы водоподготовки, автоматизации, экологические вопросы.

Все это позволяет улучшить технические показатели работы действующего оборудования и продлевает срок его эксплуатации.

Глубокая модернизация включает модернизацию основного и вспомогательного оборудования.

Это работы по модернизации проточной части турбины, что позволяет повысить КПД; внедрение дезоторантных схем, систем регулирования управления; мероприятия по углублению вакуума, шариковой очистки и новых конструкций уплотнителей.

Глубокая модернизация котельного оборудования включает работы по внедрению газоплотного исполнения ограждений топочных камер и конвективной шахты.

К глубокой модернизации относится и реконструкция горелочных устройств, мероприятия по снижению температуры уходящих газов; работы по рациональной сушке топлива; применение технологии «сухого шлака» при сжигании твердого топлива.

Внедрение установки системы ступенчатого сжигания топлива с применением пыли ультратонкого помола позволяет снизить окислы азота (NO_x) в уходящих газах на 16÷17 процентов от нормативного уровня.

Радикальная модернизация предусматривает внедрение новых технологий, новой технологической платформы – создание экологически чистой энергетики высокой эффективности.

К числу экологически чистой тепловой энергетики относятся паротурбинные ТЭС с суперкритическими параметрами пара;

Парогазовые ТЭС с внутрицикловой газификацией угля. Это позволяет достигать КПД 46 процентов;

К новым технологиям относятся электрохимические установки работающие на твердооксидных топливных элементах на основе расплавленных карбонатов;

Это и гибридные парогазовые ТЭС, применяющие технологию прямого сжигания угля;

Внедрение современных эффективных технологий газоочистки, обеспечивают минимальные выбросы ингрдиентов в атмосферу.

В мире накоплен определенный опыт повышения эффективности работы крупных электростанций работающих на твердом топливе.

Образцом эффективности и воздействия на окружающую среду является угольная электростанция Марта в Венгрии установленной мощностью 966 МВт.

Построена она в 1960-е годы. непрерывные обновления и модернизация сохранили эту электростанцию в рабочем состоянии.

На станции используется современная система удаления и обработки золы, в результате остатки продуктов сгорания находятся под контролем, что позволяет использовать замкнутый цикл циркуляции воды.

В середине 1990-х годов перешли на систему «плотной золы» Circumix компании Enxio. Она позволила сократить потребление воды и количество пыли на золоотвалах.

Между компонентами летучей золы и воды происходит пуццолановые реакции. Взвесь образует твердое цементоподобное вещество, используемое в строительстве. Кроме того плотная взвесь служит жесткой крышей старому золоотвалу. Слой после затвердевания покрывают гравием.

На месте бывшего и неиспользуемого золоотвала построена солнечная электростанция мощностью 16 МВт.

Были заменены паровые котлы и вспомогательное котельное оборудование для трех блоков мощностью 200 МВт каждый, добавлены электрофильтры для улавливания выбросов вредных частиц. Модернизированы турбины, генераторы, трансформаторы и системы управления.

Для снижения выбросов SO_2 в 1995–1998 годах были установлены увлажняющие десульфофикаторы дымовых газов (ДДГ). Система ДДГ установленная внутри сухих градирен использует естественную тягу. Этим обеспечивается большая подъемная сила. Полученный гипс из системы ДДГ используется для производства строительных материалов.

Для улучшения маневренности и эффективности работы электростанции в 2007 году были установлены две газовые турбины мощностью 33 МВт каждая.

Тепло от выхлопа турбин используется в экономайзерах высокого давления 4-го и 5-го энергоблоков.

Совершенствование на ТЭС Марта продолжается.

Представляет интерес опыт решения проблемы снижения выбросов оксидов азота на тепловых электростанциях Италии.

В Италии, как и в большинстве стран Западной Европы, действуют весьма жесткие ограничения на выбросы оксидов азота (NO_x) паровыми котлами ТЭС.

Концентрация выбросов не должна превышать 200 мг/м³.

Столь низкую концентрацию NO_x невозможно достичь только изменением технологии топочного процесса.

Обеспечивается снижение выбросов установкой аппаратов селективного каталитического восстановления (СКВ) за экономайзером пылеугольных котлов, а также использованием технологических методов подавления NO_x .

Снижение концентрации окислов азота в дымовых газах обеспечивается внедрением схемы трехступенчатого сжигания топлива.

Интересен опыт Южной Кореи. Новая сверхсовременная угольная электростанция в Сеуле Южной Кореи Yeongheung начала коммерческую эксплуатацию в 2004 году. Два энергоблока по 800 МВт работают на сверхкритических параметрах с прямоточными котлами. Для труб котлов использовалась сталь Т91. На изгибах труб образовывалась накипь, что нарушило поток жидкости. Имел место перегрев. Это приводило к частым разрушениям труб в пароперегревателе. Проблему решили, изменив трубчатую конструкцию. Кроме того заменили трубы на более высокопрочную при высоких температурах нержавеющей сталь ТР347. Расширили мониторинг температуры, установив 46 дополнительных

термопар в новых точках. Это позволило выявлять перегрев на ранних стадиях и прочищать заблокированные участки паром высокого давления через перепускные клапаны.

В 2009 году на ЭС запущена эксплуатация энергоблок № 3 мощностью 870 МВт. Работает он на сверхкритических параметрах.

Котел двухкорпусной прямоточный. КПД энергоблока 43,4 процента.

Станция работает на суббитуминозных и бурых углях с теплотворной способностью 6000 и 5400 ккал/кг.

Чтобы не съезди экономию от использования более низкокачественного топлива, где увеличен выход шлака, выбросы серы и окислов азота, внедрены сверхсовременные системы управления и мониторинга энергоблоков, охватывающие все технологические процессы.

На станции установлено селективное каталитическое восстановление (SCR) для улавливания NOx, мокрый электрофильтр улавливающий твердые частицы, высокоэффективная сероочистка дымовых газов (SOx), чтобы сократить выбросы модернизирована система обессеривания и денитрифицирующее оборудование.

Ученые Японии для повышения прочности и эффективности работы лопаток турбин исследуют использование силицида и молибдена.

В России к модернизации старых мощностей одними из первых приступили на Конаковской ГРЭС.

Первыми внедрили технологию нового реактивного облопачивания, поменяли роторы, проточные части, перемаркировали турбины. Модернизация позволила увеличить мощности 4-х энергоблоков с 300 МВт до 325 МВт каждого. Коренной модернизации подвергалась и крупнейшая в Европе угольная электростанция – Рефтинская ГРЭС. Работает станция на высокозольных экибастузских углях. Были поставлены задачи – снижение NOx и остаточной запыленности.

На энергоблоке К-500 украинского производства в 2013 году осуществили коренную реконструкцию хвостовых поверхностей нагрева (экономайзер и воздухоподогреватель) и угольного оборудования, как самых проблемных узлов.

Ведутся работы по переходу от гидрозолоудаления на сухое шлакоудаление.

Большой опыт модернизации оборудования накоплен на крупной тепловой электростанции Казахстана – Аксуской электростанции АО «ЕЭК».

С начала 60-х годов прошлого столетия интенсивное развитие горнодобывающей индустрии, металлургии и машиностроения в Павлодарской области обусловило создание крупной энергетической базы.

Для покрытия электрических нагрузок бурно развивающегося Павлодарского промышленного района, сосредоточившего тракторный, алюминиевый, ферросплавный заводы, химический комбинат и предприятия стройиндустрии, Совет Министров Казахской ССР в 1959 году принимает Постановление о строительстве на левом берегу реки Иртыш государственной районной электрической станции мощностью 2400 МВт.

Строительство Ермаковской (ныне Аксуской) ГРЭС начато в апреле 1960 года. Проект станции был разработан Киевским отделением института «Теплоэлектропроект». Строительство велось в течении 15 лет.

Первый энергоблок был сдан в эксплуатацию в декабре 1968 года.

Проектом предусматривался ввод восьми энергоблоков. Последний восьмой энергоблок был сдан в эксплуатацию 30 октября 1975 года.

Схема компоновки оборудования блочная: котел-турбина– генератор– трансформатор.

Котлы изготовлены Подольским машиностроительным заводом, турбины типа К-300-240 Харьковского турбогенераторного завода, генераторы типа ТГВ-300 Харьковского завода «Электротяжмаш», трансформаторы типа ТДЦ-200000/110, ТДЦ-400000/220, ТДЦ-400000/500 кВА Запорожского трансформаторного завода.

Выдача мощности осуществляется на напряжении 110, 220 и 500 кВ.

Генератор №1 выдает мощность на шины на напряжении 110 кВ, генераторы №2, 3 и 4 – на шины напряжением 220 кВ, генераторы № 5, 6, 7 и 8 – на шины напряжением 500 кВ.

К 1997 году оборудование электростанции практически выработало свой парковый ресурс.

Согласно РД 34.17.421-92 парковый ресурс турбоагрегатов К-300-240 ХТГЗ составляет 170000 часов, фактическая наработка на начало 2002 года достигла 200000 – 220000 часов.

Парковый ресурс поверхностей нагрева котлов определен величиной 100000 часов, а фактическая наработка достигла 180000 – 200000 часов.

Парковый ресурс паропроводов острого пара и горячего промперегрева составляет 250000 часов (прямых участков – 300000 часов), фактически он также был превышен.

Согласно технических паспортов срок службы генераторов, трансформаторов составляет 30 лет. Фактическая же наработка достигла к этому времени генераторов 26-33 года, трансформаторов 26-36 лет.

С прогрессирующей периодичностью на станции стали происходить аварийные остановки оборудования из-за его износа и старения.

Все турбинное и котельное оборудование Аксуской электростанции в течении ближайших десяти лет практически одновременно (с разницей

в 2–3 года) должно было подойти к критической точке (с точки зрения изменения структуры металла наиболее теплонапряженных элементов) величине наработки 250000–260000 часов.

Эксплуатация оборудования станет невозможной.

Встала задача реконструкции и модернизации оборудования.

Была разработана программа поэтапной реконструкции и модернизации энергоблоков, направленная на повышение мощности, надежности и долговечности оборудования, улучшение его производственных характеристик и экологических параметров.

Старт реконструкции и модернизации блоков Аксуской ЭС был дан в 2001 году.

Первым модернизированным энергоблоком стал энергоблок № 4. На блоке заменили котел, турбину, модернизировали систему контроля и управления, установили систему регулирования турбины и систему защиты блока; заменили электрофильтр на с эффективностью 99,6 процентов. В результате модернизации мощность блока увеличилась на 10 МВт, снижен удельный расход топлива, возросла экономичность блока. Сдан блок в эксплуатацию в августе 2003 года. В октябре 2008 года завершена реконструкция энергоблока № 1, в июне 2011 года – энергоблока № 2, в июле 2013 года – энергоблока № 6.

В результате реконструкции и модернизации осуществлена не только замена основного и вспомогательного оборудования, но и внедрена усовершенствованная автоматическая система управления, позволяющая повысить маневренность и надежность работы энергоблоков. Завершаются работы по реконструкции энергоблока № 5.

При реконструкции и модернизации было использовано оборудование ведущих мировых фирм. Это «Alston Power Stavan», являющаяся ведущим поставщиком в мире в области очистки промышленных выбросов в атмосферу; компания «ABB» – мировой лидер в инновационных цифровых технологиях в области энергетики, промышленности, транспорта и инфраструктуры; известная американская компания «Compressor Controls Corporation», созданная в 1974 году и специализирующаяся в области автоматизации компрессоров и турбин. Она не только осуществляет комплексные поставки оборудования, но и разрабатывает методы антикомпажной защиты, обеспечивая тем самым нормальную работу компрессоров. А также немецкий концерн «Siemens Aktiengesellschaft», работающий в области электротехники, электроники, энергетического оборудования. Департамент концерна Energy Service оказывает услуги по модернизации существующих генерационных мощностей, повышению их эффективности, внедрению решений по сокращению выброса парниковых газов и загрязняющих агентов для тепловых электростанций и другие услуги.

На новых, прошедших реконструкцию и модернизацию энергоблоках используются полномасштабные АСУТП на платформе Linux, вместо Windows. Они более стабильны в работе и обладают лучшей защищенностью от внешних информационных атак, новые АСУТП позволили не только упростить процесс контроля параметров, но и взять на себя функции операторов.

В результате более точно выдерживаются необходимые режимы работы, исключая пресловутый «человеческий фактор».

Реконструкция и модернизация энергоблоков позволила снизить удельный расход топлива на выработку электроэнергии с 360 до 324 грамм на киловатт-час, а КПД электрофильтров достигло 99,5–99,6 процентов.

Управление сложным и регулирующим механизмом осуществляется посредством цифрового протокола 4, что позволяет проводить глубокий анализ данных, полученных с контрольно-измерительных приборов, прогнозировать выход оборудования из строя.

Процесс модернизации на АО «ЕЭК» продолжается.

ВЫВОДЫ

Проводимые реконструкции и модернизации крупных тепловых электростанций, работающих на твердом топливе позволили:

- увеличить срок эффективного использования действующего оборудования;
- компенсировать моральный износ;
- повысить маневренность и надежность работы энергоблоков;
- увеличить мощность электростанции;
- приблизить все технико-экономические показатели модернизируемого оборудования к современному уровню (снизить расход топлива на выработку энергии, повысить КПД, экологичность станции, снизив выбросы вредных ингридиентов в атмосферу).

А внедрение современных полномасштабных автоматизированных систем управления позволяют:

- стабилизировать работу оборудования;
- упрощать процесс контроля и позволяют точно выдерживать режимы работы оборудования;
- расширив мониторинг технического состояния оборудования, своевременно выявлять проблемные участки на ранних стадиях возникновения и устранять их;
- проводить глубокий анализ данных полученных с контрольно-измерительных приборов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Стратегия устойчивой энергетики будущего Казахстана до 2050 года.
youtube.com>watch?v=akthT2NgqWmO

2 Аксуская ГРЭС – Википедия. ru.wikipedia.org> Аксуская ГРЭС

3 Угольная электростанция Марта в Венгрии – эффективность, несмотря на возраст. tesiaes.ru>Энергетика

4 Электростанция в Южной Корее – Yeongheung. tesiaes.ru> электростанция в Южной Корее

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

А. П. Кислов¹, Г. Ф. Бойко², Д. В. Птицын³

Ірі жылы электр станцияларының тиімділігін арттырудың сыртқы және отандық тәжірибесі

^{1,2}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

³Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ., 644000, Ресей Федерациясы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

A. P. Kislov¹, G. F. Boyko², D. V. Ptitsin³

Foreign and domestic experience of improving the efficiency of large thermal power plants

^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³Omsk State Technical University, Omsk, 644000, Russian Federation.

Material received on 19.12.18.

Мақалада еліміздің ірі жылы электр станцияларының алдында тұрған Қазақстанның энергетикалық стратегиясына сәйкес міндеттер қойылған.

Тереңдігі бойынша энергияны жаңғырту деңгейлерінің классификациясы берілген.

Қатты отынмен жұмыс істейтін ірі электр станцияларының тиімділігін арттырудың шетелдік және отандық тәжірибесі қарастырылған.

Бұл Венгриядан шыққан көмір электростанциясының Martha электр станциясының тәжірибесі, мұнда үздіксіз жаңартулар мен

жаңартулар осы электр станциясын елу жыл бойы жұмыс істеген күйінде сақтады.

Италиядағы жылы электр станцияларындағы азот оксидтерінің шығарындыларын азайту проблемасын шешу тәжірибесін сипаттайды.

Сеулдегі Yeongheung электр станциясында сенімділікті, қоршаған ортаны қорғауды, мониторингтің тиімділігін арттыру бойынша шаралар қарастырылды.

Ресейдің жылы электр станцияларының энергетикалық қондырғыларын қайта құру және жаңғыртудағы тәжірибесі және Қазақстандағы Ақсу электр стансасының мол тәжірибесі қарастырылған.

The article sets out the tasks, according to the energy strategy of Kazakhstan, facing the country's large thermal power plants.

The depth of forecast gives the classification of power equipment.

Foreign and domestic experience is considered of improving the efficiency of large power plants operating on solid fuel.

This is the experience of the Marta coal power plant in Hungary, where continuous updates and upgrades kept this power plant in working condition for over fifty years.

The experience of solving the problem of reducing emissions of nitrogen oxides in thermal power plants in Italy is described.

Measures to improve the reliability, environmental friendliness, management efficiency and monitoring at the Yeongheung power plant in Seoul is examined.

The experience of Russia in the reconstruction and modernization of power units of thermal power plants and the vast experience of the Aksu power plant of Kazakhstan are outlined.

**Э. Е. Копишев¹, И. Э. Сулейменов², Д. Матрасулова³,
Д. Б. Шалтыкова⁴, Г. Б. Ниязова⁵, И. Е. Копишев⁶**

¹к.х.н., доцент, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²д.х.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

³докторант, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

⁴к.х.н., доцент, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

⁵докторант, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁶магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан
e-mail: 'eldar_kopishev@mail.ru

**НОВЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА:
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСТВА**

С общефилософских позиций обосновывается новый подход к созданию искусственного интеллекта, основанный на модели эволюции, приведшей к появлению человеческого разума. В соответствии с данной моделью, проторазум представлял собой коллективную форму, а формирование индивидуального сознания имело место только на позднейших этапах эволюции. На основе такой модели дается интерпретация базовой формы творчества как способности индивида выразить свои мысли и чувства (или воспринимаемые события окружающего мира) словами естественного языка. Основой имитационной модели, эволюционные процессы в которой предположительно позволяют пролить свет на природу интеллекта, соответственно является обмен информацией между фрагментами нейронной сети, построенной так, что плотность межэлементных связей внутри фрагмента намного больше плотности связей между элементами сети, относящейся к разным фрагментам. Данные фрагменты моделируют головной мозг индивидов, а характер трансформации передаваемой информации

призван моделировать возникновения творчества как особой формы компактификации информации.

Ключевые слова: искусственный интеллект; нейронные сети; сознание; творчество; эволюция сознания.

ВВЕДЕНИЕ

Работы в области искусственного интеллекта в настоящее время ведутся в самых различных направлениях [1, 2]. Однако многие из них продолжают ориентироваться на то, чтобы наделить искусственный интеллект теми функциями и теми способностями, которыми обладает интеллект человека. Такой подход осложняется главным образом тем, что до сих пор не существует общепринятой трактовки понятия «интеллект», во всяком случае, на уровне достаточном для того, чтобы создать имитирующие его системы [3, 4]. Значительная часть работ в этом направлении отталкивается от более простого подхода, когда выбирается только одна из функций присущих интеллекту и далее реализуются системы, которые в той или иной степени приближаются к реализации такого рода функций.

Как известно, одной из основных способностей, отличающих человека от других живых существ является способность к творчеству [5], поэтому представляется естественным, что значительная часть работ в области искусственного интеллекта нацелена на то, чтобы такого рода системы выполняли именно эту функцию. Известны многочисленные работы в которых предпринимаются попытки построить нейронные сети способные реализовывать различного рода творческие функции, как-то написание стихов, написание картин и так далее [6]. Нам представляется, что этот шаг не является до конца адекватным, потому что творчество именно этого типа не является наиболее простой его разновидностью, а именно, простейшая форма творчества, которой наделён человек, связана с его речью. Простейшая форма творчества это способность изложить свои мысли или те образы, которые человек воспринимает непосредственно через фразы естественного языка.

Доказать то что построение фраз обеспечивающих передачу информации о мыслях, чувствах, образах и так далее действительно является актом творчества можно в двух словах, достаточно упомянуть, что значительная часть школьников оказывается к этому неспособной, с этим сталкивался любой преподаватель или любой человек, который хотя бы бегло пролистывать школьные сочинения. В данной работе предпринимается попытка показать, что существует подход к созданию систем искусственного интеллекта, проявляющих способность к творчеству, именно отталкиваясь от представлений о том, что простейшей или же базовой формой творчества является именно построение осмысленных фраз,

а точнее вполне определенный способ кодификации информации связанный с естественным языком.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Доказать, что любой из естественных языков можно рассматривать как вполне определенное средство компактификации информации можно следующим образом: легко представить себе некий текст, который представляет собой изложение или описание тех или иных событий свидетелем которых стал конкретный человек. Данные события очевидно можно зафиксировать в видеофайлах и аудиофайлах. Именно такого рода записи и будут представлять собой максимально полное отражение событий, имевших место. Далее существует непосредственная возможность измерить объем информации содержащейся в этих аудио и видеозаписях. Однако текст, передающий информацию об этих событиях будет куда более компактен, если подсчитывать информацию непосредственно в битах. Более того очень часто такое описание в известном смысле может быть исчерпывающим для конкретного потребителя, иными словами естественный язык не просто компактифицирует информацию, но делает это через выявление выделения ценной информации, той которая представляет интерес для потребителя, в данном случае читателя или слушателя, который воспринимает информацию о событиях, имевших место.

Эти соображения представляются вполне очевидными, однако следует подчеркнуть, что такого рода текстовое описание генерируется отнюдь не произвольным образом. Здесь пока не выработано алгоритмов, которые могли бы выделять ценную информацию или же компактифицировать информацию с той же степенью эффективности, с которой это делает язык. Именно поэтому и можно утверждать, что языковые формы составление текстов на естественном языке и представляют собой весьма эффективное средство компактификации информации за счет выделения ценной информации. Разумеется, четкого определения понятия ценная информация до сих пор не существует, но именно это обстоятельство и подчеркивает, что составление связанных текстов на естественном языке, в том числе тех текстов, которые описывают конкретные события и представляют собой простейшую или же базовую форму творчества.

Таким образом, любой из естественных языков представляет собой вполне определенную платформу для реализации человеческой способности к творчеству, которой значительная часть людей наделяется в процессе обучения. Разумеется, этой способностью они обладают далеко не в одинаковой степени, в частности существуют, и взрослые люди которым крайне сложно выразить свои мысли и это еще раз говорит о том, что такого

рода способность действительно является способностью к творчеству, которая наделяется далеко не каждому.

Рассмотрим, каким именно образом можно трактовать естественный язык как платформу к творчеству с позиции нейронных сетей. В работах [7–10] была предложена нейросетевая модель социума, в рамках этой модели каждому из индивидов ставился в соответствие аналог нейрона входящего в общую сеть. В социумах в целом ставится в соответствии именно эта сеть, а роль связей между нейронами играют межличностные коммуникации. Данная модель, которая цитирована работами авторов была названа нейросетевой моделью серии ноосферы [11, 12], разумеется, носит главным образом иллюстративный характер, однако на этой основе в работах [13, 14] удаётся показать, что многие явления общественной жизни действительно могут рассматриваться, отталкиваясь от аналогии с нейронными сетями, в качестве примера можно упомянуть голосование в ученом или ином совете. В данной работе было показано, что при условии, если взаимное влияние членов голосующего совета друг на друга является заметным, то тогда при голосовании решение де-факто принимает не совокупность членов совета, а составленный из них аналог в нейронной сети (рис 1).

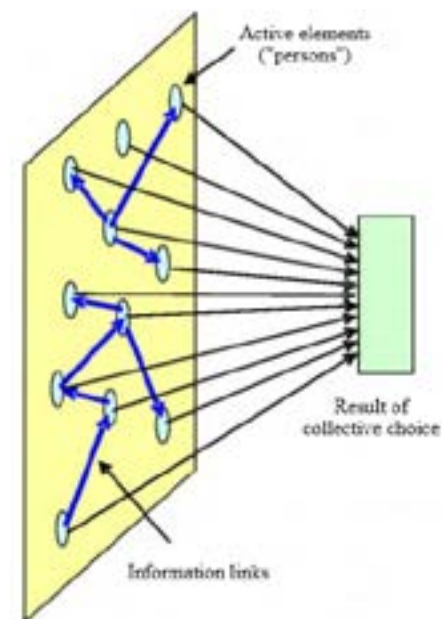


Рисунок 1 – Коллективный выбор

Данная модель допускает вполне очевидное обобщение, действительно, рассмотрим двух собеседников вступающих в диалог, принято говорить, что в этом случае между собой общаются 2 человека, но это является не более чем приближением, причём весьма грубым. В действительности процесс общения представляет собой не что иное, как обмен сигналами между нейронами составляющими головной мозг каждого из собеседников (рис. 2).

Продолжая подобные рассуждения далее можно прийти к тому, что социум в действительности может рассматриваться как совокупность фрагментов общей или же глобальной нейронной сети, причём каждый из этих фрагментов образован нейронами составляющими головной мозг каждого из индивидов. При всей очевидности данного тезиса он позволяет сделать существенные выводы, даже не прибегая к построению количественной теории или же имитационных моделей, а именно в работах по теории нейронных сетей уже давно доказано, что память нейронной сети является распределенной.

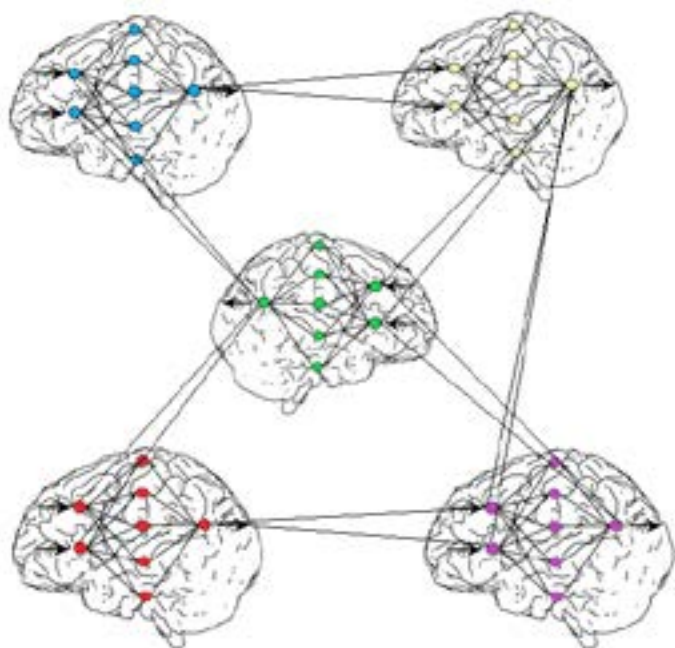


Рисунок 2 – Упрощенная иллюстрация обмена информации между нейронами головного мозга индивидов

Следовательно, если рассматривать социум именно с этих позиций, то тогда можно прийти к выводу, что существует не только память, ассоциированная с каждым из индивидов, но и распределенная память, относящаяся к социуму в целом. Иными словами, именно на этом пути можно с естественно научных позиций обосновать представление о коллективном бессознательном, об общественном сознании и других подобных явлениях, изучение которых ранее составляла прерогативу гуманитарных наук.

Разумеется, в качестве распределенной информации, зафиксированной глобальной нейронной сетью, точнее аналогом нейронной сети, сформированной членами данного конкретного социума или этноса, следует рассматривать естественный язык. Естественный язык – информация, зафиксированная на личностном уровне переработки информации, и именно это обстоятельство и обеспечивает возможность реализации подхода, позволяющего интерпретировать сущность естественного языка с позиций теории нейронных сетей.

Нейронная сеть построена следующим образом: имеются N фрагментов нейронной сети, плотность связей нейронов внутри которых является достаточно высокой [15]. Предполагается, что все фрагменты данной нейронной сети связаны друг с другом, однако плотность связей между фрагментами является существенно более низкой. Можно заметить, что имитационная модель построенная таким образом аналогична той нейронной сети, которая выше была названа глобальной нейронной сетью комплементарной социуму или этнической группе.

Рассмотрение такой нейронной сети представляет интерес с точки зрения понимания того, что представляет собой естественный язык, рассматриваемый как платформа для творчества. Разумеется, поскольку на данный момент нет никаких предпосылок для того чтобы раскрыть сущность естественного языка с этой точки зрения на алгоритмической основе, то остаётся прибегать к имитационным моделям. Более того, представление об эволюционирующих нейронных сетях позволяют использовать данную нейронную сеть для того чтобы попытаться наметить пути для того чтобы дать соответствующее истолкование естественного языка.

Действительно, коль скоро алгоритмической основы для истолкования естественного языка на данный момент не существует, можно прибегнуть к сугубо эволюционному подходу и попытаться синтезировать нейронные сети, эволюция которых в известной степени будет повторять ход эволюционных процессов, которые и привели к появлению естественных языков и соответственно интеллекта в его современном виде [16, 17]. Есть все основания полагать, что сознание человека в том виде, в котором она существует сейчас, есть достаточно поздний продукт эволюции

[18], если отталкиваться от предложенной выше модели рассмотрения социума, то становится очевидным, что первичным была объемлющая или же коллективная нейронная сеть. Именно в ней могли сформироваться те надличностные информационные структуры, внешним проявлением которых, является естественный язык.

Подчеркиваем, что язык не может быть атрибутом отдельного человека. Язык заведомо является характеристикой социума или этнической группы в целом [19], другими словами это именно та надличностная структура, которая и контролирует существование самой платформы для базовой формы творчества, которая как было показано выше, связана с возможностью индивида адекватно выражать свои мысли. Такого рода соображения позволяют утверждать, что первичным является коллективное сознание, сознание человека стало индивидуальным только на сравнительно поздних этапах эволюции. Дополнительным аргументом в пользу такой точки зрения являются многочисленные исследования, выполненные представителями юнгианского направления в психологии и философии [20]. В этих работах отчетливо продемонстрировано, что коллективное бессознательное действительно существует и в нём зафиксированы вполне определенные информационные объекты, которые именуются архетипами. С точки зрения представлений о глобальной нейронной сети архетипы следует трактовать как рудименты, оставшиеся от того исторического периода, когда протосознание было сугубо коллективным. Такая точка зрения, коррелирующая с представлениями юнгианской психологии и философии, позволяет предложить подход, нацеленный на синтез нейронных сетей, проявляющих определённые функции интеллекта или же аналогичные им.

Общий подход к построению алгоритма эволюции такого рода сетей может состоять следующим образом: строится нейронная сеть, состоящая из отдельных фрагментов, плотность связи внутри которых, гораздо выше, нежели плотность связи между фрагментами. Каждый фрагмент обучается самостоятельно с тем, чтобы приобрести возможность распознавать некоторую совокупность образов. Задачей нейронной сети является передача информации об образах, зафиксированных в их памяти, и содержащих большое количество информации через каналы, обладающие низкой пропускной способностью.

ВЫВОДЫ

Эволюционный алгоритм может быть реализован по различным принципам, однако наиболее простым из них является принцип естественного отбора, то есть выживают те фрагменты нейронных сетей, которые наиболее успешным образом коммуницируют друг с другом. Вариантом

такого подхода является обучение отдельных фрагментов нейронной сети фрагментом некой целостной картины или целостного образа. При условии, что передача информации от фрагмента к фрагменту становится эффективной, данные фрагменты нейронной сети выживают, а те, которые не сумели наладить эффективные коммуникации друг с другом, гибнут.

Процесс размножения фрагментов может быть эмулирован по законам близким к биологическим. Иначе говоря, такой подход в известном смысле моделирует те эволюционные процессы, которые предположительно и привели к становлению социума как некоторые общности, цементируемые существованием естественного языка. Как известно, отличительным признаком homo sapiens является возможность коммуникации друг с другом, которая является основой для коллективных действий, в свою очередь, именно коллективные действия позволили биологическому виду, сравнительно неэффективному во всех других отношениях, занять доминирующее положение на планете.

Иначе говоря, предложенный подход к синтезу эволюционирующих нейронных сетей должен способствовать пониманию того как шла эволюция приводящая к появлению человеческого интеллекта, а с другой стороны, здесь существует возможность выявить закономерности, приведшие к появлению естественного языка, причём трактуемого именно как платформа для базовых актов творчества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Zörner, B.** et al. Profiling locomotor recovery: comprehensive quantification of impairments after CNS damage in rodents // *Nat. Methods.* – 2010. – Vol. 7. – № 9. – P. 701–708.

2 **Hamet, P., Tremblay, J.** Artificial intelligence in medicine // *Metabolism.* 2017. – Vol. 69. P. S36–S40.

3 **Gottfredson, L. S.** Mainstream science on intelligence : An editorial with 52 signatories, history, and bibliography // *Intelligence.* – 1997.

4 **Legg, S., Hutter, M.** Universal intelligence : A definition of machine intelligence // *Minds Mach.* – 2007.

5 **Faris, R.E.L., Getzels, J. W., Jackson, P. W.** Creativity and Intelligence : Explorations with Gifted Students. // *Am. Sociol. Rev.* – 1962. – Vol. 27. – № 4. – P. 558.

6 **Boden, M. A.** The creative mind : Myths and mechanisms : Second edition // *The Creative Mind : Myths and Mechanisms : Second Edition.* – 2003.

7 **Suleimenov, I.** et al. Voting procedures from the perspective of theory of neural networks // *Open Eng.* – 2016. – Vol. 6. – № 1. – P. 318–321.

8 **Suleimenov, I., Panchenko, S.** Non-darwinists scenarios of evolution of complicated systems and natural neural networks based on partly dissociated macromolecules // World Appl. Sci. J. – 2013. – Vol. 24. – № 9. – P. 1141–1147.

9 **Suleimenov, I. E., Mun, G. A.** Polyelectrolytes hydrogels as a base for development of artificial neural networks // Proc. 19th Polym. Networks Gr. Meet. – Larnaca, 2008.

10 **Dolayev, M.** et al. The Principle of Recording Information in Distributed Environments via Suleimenov-Mun's Waves // Adv. Mater. Res. 2014. Vol. 875–877. – P. 642–646.

11 **Suleimenov, I. E.** et al. Neural network phenomena in sociosphere and their modeling with the help of devices based on polymer hydrogels // Bull. PSU-a Ser. Chem. Biol. – 2010. – № 3. – P. 53–70.

12 **Suleimenov, I. E.** et al. Current global crisis as a crisis of civilization meta-projects // World Appl. Sci. J. – 2013. – Vol. 23. – № 11. – P. 1455–1464.

13 **Suleimenov, I. E., Panchenko, S. V., Kopishev, E. E.** Neural networks and error correcting codes: the analogy from the point of view based on neural network mechanism of complex system evolution // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2017. – Vol. 3. – № 38. – P. 33–42.

14 **Suleimenov, I. E. et al.** Redistribution of the concentrations in polyelectrolyte hydrogels contacts as the basis of new desalination technologies // News Natl. Acad. Sci. Repub. Kazakhstan-series Geol. Tech. Sci. – 2017. – Vol. 423. – № 3. – P. 198–205.

15 **Hopfield, J. J.** Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. // Proc. Natl. Acad. Sci. – 1982.

16 **Voloshinov, V. N., Matejka, L., Titunik, I. R.** Marxism and the philosophy of language // Studies in language. – 1973.

17 Eco U. A Theory of Semiotics (review) // J. Aesthet. Art Crit. 1977.

18 **Charlton, B.** Book : A Mind So Rare: The Evolution of Human Consciousness // BMJ. – 2001. – Vol. 323. – № 7324. – P. 1312–1312.

19 **Kravchenko, A. V.** Native speakers, mother tongues and other objects of wonder // Lang. Sci. – 2010.

20 **Jung, C. G.** The Archetypes and the collective unconscious // Igarss. – 2014.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Э. Е. Копишев¹, И. Э. Сулейменов², Д. Матрасулова³, Д. Б. Шалтыкова⁴, Г. Б. Ниязова⁵, И. Е. Копишев⁶

Жасанды зият құрудағы жаңа көзқарас: шығармашылықты модельдеу

^{1,5}Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

^{2,3,4}Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы;

⁶С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

E. E. Kopishev¹, I. E. Suleimenov², D. Matrasulova³, D. B. Shaltykova⁴, G. B. Niyazova⁵, I. E. Kopishev⁶

New approach for creating artificial intelligence: modeling creativity

^{1,5}L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

^{2,3,4}Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan;

⁶S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Жасанды зият құруға деген жаңа көзқарас адами сананың қалыптасуына алып келген эволюция моделіне негізделген жалпыфилософиялық тұрғыдан қалыптасуда. Осы модельге сәйкес ұжымдық форманың болуымен қарапайым сана танылды, ал дара сананың қалыптасуы эволюцияның кейінгі кезеңдерінде байқалды. Осы модель негізінде жеке тұлғаның сөйлеу арқылы өз ойы мен сезімін (немесе қоршаған орта құбылыстарын қабылдауын) білдіру қабілеті ретіндегі шығармашылықтың қарапайым түрі түсіндіріліп берілген. Еліктемілік модель негізінде зият табиғатына көптеген мүмкіндіктер беретін эволюциялық процесстер – ол түрлі бөліктер арасындағы нейрон жүйесінің бөліктерінің ақпаратпен алмасуы. Ескеретін жайт, нейрон жүйесінің бөлікшілік элемент аралық байланыс тығыздығы жүйе элементтері арасындағы байланыс тығыздығынан әлдей қайда жоғары. Бұл модель жеке тұлғаның миын бейнелейді, ал берілетін ақпараттың трансформациясы ақпарат компактификациясының ерекше формасы ретінде шығармашылықтың қалыптасуын модельдеумен сипатталады.

The approach based on the model of evolution that led to the emergence of the human mind, to the creation of artificial intelligence is substantiated from the general philosophical standpoint. In accordance with this model, the proto-consciousness was a collective form, and the formation of an individual conscious took place only at later stages of the evolution of consciousness. On the basis of this model, the basic form of creativity is interpreted as the ability of an individual to express his thoughts and feelings (or perceived events of the surrounding world) through the use of natural language. The basis of the simulation model is the exchange of information between the fragments of the neural network. Evolutionary processes in the neural network are supposed to make it possible to explain the nature of the intelligence. This neural network is constructed in such a way that the density of interelement bonds within the fragment is much greater than the density of bonds between fragments. These fragments model the brains of individuals, and the neural network imitates society. The nature of the transformation of transmitted information within the neural network is designed to simulate the emergence of creativity as a special form of information compression by highlighting valuable information.

ГРНТИ 47.05.17

К. Т. Кошекоев¹, Г. В. Савостина², И. А. Ларгина³

¹д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

²докторант PhD, ст. преподаватель, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

³магистрант, ст. преподаватель, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан

e-mail: ¹kkoshekov@mail.ru; ²galinash85@gmail.com; ³innart@list.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПОМЕХ В ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛЕ

В статье рассматриваются основные возможности использования теории вейвлетного анализа для подавления высокочастотных помех в электрокардиосигнале. Показаны преимущества вейвлетного преобразования по сравнению со спектральным анализом Фурье. Рассмотрены особенности реализации дискретного вейвлетного преобразования и его применение в цифровой обработке сигналов. Описывается процесс субполосного кодирования при декомпозиции электрокардиосигнала банком цифровых фильтров. Выполнено сравнение описанного метода шумоподавления на основе перемасштабирования вейвлетных коэффициентов детализации с результатами цифровой фильтрации электрокардиосигнала низкочастотным фильтром Баттерворта при разной величине отношения сигнал-шум. В качестве зашумленного сигнала используется реальная запись электрокардиограммы с искусственно введенной аддитивной высокочастотной помехой. По результатам проведенного исследования сделаны выводы о возможности использования рассмотренного метода для обработки электрокардиографических данных.

Ключевые слова: электрокардиограммы, высокочастотная помеха, вейвлетный анализ, шумоподавление.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, метод анализа формы электрокардиограммы (ЭКГ) является наиболее информативным и апробированным для оценки состояния сердечно-сосудистой системы человека. Вместе с этим анализ морфологического состава ЭКГ на практике часто бывает затруднен ввиду его низкой амплитуды, изменчивости и сильной подверженности воздействию низкочастотных (НЧ) и высокочастотных (ВЧ) помех. При этом значительные трудности возникают в процессе удаления из полезного сигнала таких помех, воздействие которых сильно искажает форму полезного сигнала. Это, прежде всего такие ВЧ-помехи, как электрофизиологическая помеха, вызванная наводкой от сопутствующего электромиографического сигнала, контактный шум электродов и некоторые другие [1].

Использование стандартных подходов к фильтрации ВЧ-помех в частотной области затруднено присутствием характерных частотных искажений [2]. При использовании же синхронного усреднения [1] необходимо определение стимулирующего сигнала синхронизации по позиции QRS-комплексов. Эта задача осуществима, если наблюдается нормальный синусовый ритм. В случаях присутствия аритмий или множественных экстрасистол данный метод становится не эффективным.

В таких условиях оправданно применения новых более совершенных методов, одним из которых является вейвлетный анализ, основанный на вейвлет-преобразовании (ВП) [3].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вейвлет-преобразование представляет интерес в первую очередь при анализе нестационарных сигналов, к которым относится электрокардиографический сигнал. В этом случае ВП выгодно отличается от оконного преобразованию Фурье, так как в отличие от него использует семейства функций, реализующих различные варианты соотношения неопределенности [4]. Это достигается применением масштабируемого окна, передвигаемого по всему сигналу с расчетом спектра для каждой его позиции. Процесс повторяется множественно с изменением размера окна для каждого нового цикла. Такой подход называется многомасштабным анализом (вейвлет-анализом). В вейвлет-анализе частотно-временное пространство заменяют на масштабно-временное. Чем больше масштаб, тем меньше различимы детали сигнала, таким образом, масштаб обратно пропорционален частоте сигнала.

Многомасштабный анализ осуществляется при помощи непрерывного вейвлет-преобразования (НВП), которое имеет вид:

$$CWT(s, \tau) = \int f(t) \psi_{s\tau}^*(t) dt, \tag{1}$$

где * означает комплексное сопряжение. Базисные функции $\psi_{s\tau}^*$ называются вейвлетами (англ. wavelet – всплеск). Коэффициенты НВП содержат информацию об отдельных компонентах анализируемого сигнала и времени их появления.

Вейвлеты генерируются из начальной функции $\psi(t)$ материнского вейвлета, методом масштабирования и сдвига

$$\psi_{s\tau}(t) = |s|^{-1/2} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right), \quad s, \tau \in \mathbf{R}, \psi \in L^2(\mathbf{R}), \tag{2}$$

где s – коэффициент масштабирования, τ – параметр сдвига. Параметр $|s|^{-1/2}$ вводится для нормализации энергии сигнала на разных масштабах.

Важно отметить, что в (1) и (2) не уточняется вид функции вейвлета. В этом состоит отличие вейвлет-анализа от анализа Фурье. Вейвлет-анализ строится не на определенном виде функций-вейвлетов, а на определенных свойствах этих функций. Самыми важными свойствами вейвлета являются допустимость и регулярность. Другими словами, среднее значение (интеграл по всей прямой) вейвлет-функции должен быть равен нулю, а так же функция должна быстро убывать при времени стремящемся к бесконечности [4].

В цифровой обработке сигналов (ЦОС) применяется дискретное вейвлет-преобразование (ДВП), позволяющее без существенной потери точности избежать избыточного количества расчетных операций, при этом коэффициент масштабирования s может принимать только дискретные значения $s = 2^j, j \in \mathbf{Z}$.

Тогда из материнского вейвлета вейвлетные функции будут генерироваться согласно следующему выражению:

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t - k), \tag{3}$$

где j – параметр масштаба, $k \in \mathbf{Z}$ – временной сдвиг.

Соответственно, любая дискретная функция может быть представлена в виде вейвлет-разложения:

$$f(\Delta t) = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{N/2^j} cD_{j,k} \psi_{j,k}(t) + \sum_{k=1}^{N/2^J} cA_{j,k} \varphi_{j,k}(t), \tag{4}$$

где $\varphi(t)$ – масштабирующая функция (скейлинг-функция); J – конечный масштаб разложения; $N = 2^n$ – число отсчетов дискретной функции $f(\Delta t)$; $cD_{j,k}$

$cA_{j,k}$ – коэффициенты детализации (вейвлет-коэффициенты) и коэффициенты аппроксимации (скейлинг-коэффициенты) соответственно [4].

В приложениях ЦОС использование результатов теории вейвлетов не подразумевает применение напрямую вейвлетных функций $\varphi(t)$ и $\psi(t)$. Масштабно-временное представление сигнала получается путем использования банка квадратурно-зеркальных цифровых фильтров древовидной структуры (субполярное кодирование). При анализе сигнала для ДВП используются на разных масштабах низкочастотные и высокочастотные цифровые фильтры с различными частотами среза. При этом разрешение сигнала будет представлять собой меру количества детальной информации о сигнале, а масштаб будет изменяться за счет операций децимации и интерполяции.

В результате процесс декомпозиции сигнала будет выглядеть следующим образом. На первом шаге преобразования дискретный сигнал пропускается через НЧ цифровой фильтр с импульсной характеристикой $\{h_n\}$, который выделяет частоты $|\omega| \leq \pi/2$. Параллельно ВЧ фильтр с импульсной характеристикой $\{g_n\}$ выделяет верхние частоты $\pi/2 \leq |\omega| \leq \pi$. Благодаря тому, что на выходе фильтров полоса частот уменьшилась вдвое, может быть выполнена децимация выходного сигнала в 2 раза.

Таким образом, каждый из выходных сигналов несет информацию о своей половине частот, при этом выходная информация представлена таким же количеством отсчетов, что и входная. Процесс декомпозиции продолжается рекуррентно до заданного уровня разложения, ограниченного числом отсчетов сигнала N . Рисунок 1 иллюстрирует процесс декомпозиции сигнала банком фильтров при субполосном кодировании.

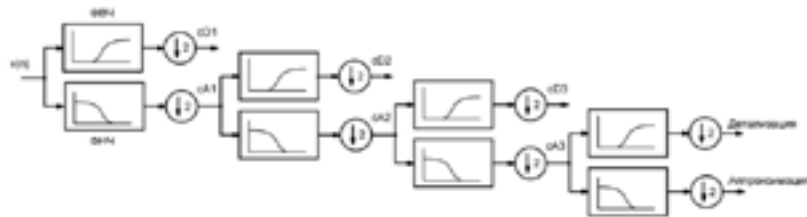


Рисунок 1 – Процесс субполосного кодирования

Один уровень ДВП рисунка 1 может быть представлен следующим образом:

$$\begin{aligned} cA_k &= \sum_n x(n)h(2k-n), \\ cD_k &= \sum_n x(n)g(2k-n). \end{aligned} \tag{5}$$

в (5) $x(n)$ – это входная последовательность отсчетов анализируемого сигнала. Коэффициенты фильтров $h(n)$ и $g(n)$ в (5) численно связаны с используемыми в ДВП функциями вейвлетов $\varphi(t)$ и $\psi(t)$ [3].

Процедура реконструкции сигнала обратна процедуре разложения. На каждом уровне обработки банком фильтров сигнал интерполируется в два раза, обрабатывается фильтрами $\{h'_n\}$, $\{g'_n\}$ и складывается. Цифровые фильтры синтеза $\{h'_n\}$, $\{g'_n\}$ аналогичны фильтрам декомпозиции, однако имеют обратный порядок следования коэффициентов.

Малые значения коэффициентов детализации cD_k на определенных уровнях разложения в исследуемом сигнале $x(n)$ говорят о незначительной информативности данных частотных компонент. Используя специальную процедуру перемасштабирования коэффициентов детализации (трешолдинг), значение которых оказывается ниже определенного порога, можно выполнять эффективную очистку от шумов для дискретных сигналов, в том числе цифровых записей ЭКГ. По этим же причинам возможна высокая компрессия сигналов без существенной потери качества.

Проанализируем изложенный метод подавления шума путем обработки вейвлет-коэффициентов для сигнала ЭКГ при воздействии ВЧ-помех. Для этого будем использовать реальную запись ЭКГ [6], в которую искусственно вводится помеха в виде аддитивного белого гауссова шума с нулевым средним $\mu = 0$ и дисперсией σ^2 , определяющей мощность шума. Обладая информацией об исходном незашумленном сигнале можно сравнить качество работы исследуемого метода.

При этом для количественной оценки эффективности шумоподавления вычисляются значения среднеквадратической ошибки:

$$err = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (\hat{x}_k - x_k)^2}. \tag{6}$$

где x_k – составляющие вектора значений исходного сигнала ЭКГ до добавления моделируемой помехи; \hat{x}_k – составляющие вектора наблюдаемых значений в результате фильтрации.

Процедура обработки ЭКГ методами теории вейвлетов производится в программной среде MATLAB 2010b с помощью инструментов пакета Wavelet Toolbox.

На первом этапе реализации исследуемого метода необходимо выбрать вейвлетную функцию. Для обработки ЭКГ возможно использовать различные типы вейвлетов: вейвлеты Добеши (dbN), биортогональные вейвлеты (biorNr, Nd), вейвлеты Симлета (symN) и др. из комплекта Wavelet Toolbox. В данном исследовании используется вейвлет *bior6.8*, так как на предварительном этапе тестирования для него были получены перспективные результаты. Вейвлеты *biorNr, Nd* могут быть использованы для быстрого ДВП при декомпозиции и реконструкции сигнала. Большое число нулевых моментов дает хорошие результаты при сжатии информации, а большая степень гладкости вейвлета обеспечивает более точную реконструкцию сигналов.

Выбор уровней декомпозиции ЭКГ определяется из следующих условий. Центральная частота вейвлета *bior6.8* при частоте дискретизации $f_s = 1000$ Гц для первого уровня разложения равна $0.7649f_s \approx 765$ Гц; для второго – $0.7649f_s/2 \approx 382$ Гц; для третьего – $0.7649f_s/4 \approx 191$; для четвертого – $0.7649f_s/8 \approx 96$ Гц. Информативный диапазон частот для ЭКГ согласно [1] лежит в пределах 0,5 – 150 Гц. Поэтому подавление детализирующих коэффициентов $cD_{j,k}$ выше 4 уровня может привести к потере значащей информации о сигнале. Тогда декомпозицию ЭКГ следует выполнять до 4 уровня.

На следующем этапе необходимо определить пороговые уровни для обработки коэффициентов детализации. Наиболее применимым методом при шумоподавлении является метод с «мягким» (soft) выбором порога *thr*, перемасштабирующий коэффициенты детализации в соответствии со следующим правилом:

$$cD_{j,k} = \begin{cases} 0, & |cD_{j,k}| \leq thr, \\ \text{sign}(cD_{j,k}) \cdot (|cD_{j,k}| - thr), & |cD_{j,k}| > thr. \end{cases} \quad (7)$$

Для вычисления порога *thr* используются различные схемы расчета, однако исходя из проведенного анализа, оптимальным вариантом в данном случае будет являться адаптивный порог на основе алгоритма несмещенной оценки риска Штейна (SURE) [6]. При этом перемасштабирование производится с использованием оценок шума для каждого уровня по своим коэффициентам детализации.

На завершающем этапе выполняется реконструкция сигнала ЭКГ при помощи цифровых фильтров синтеза.

На рисунке 2 показан результат работы исследуемого метода подавления ВЧ-шума в ЭКГ с частотой дискретизации $f_s = 1000$ Гц путем обработки вейвлет-коэффициентов. На верхнем рисунке показан исходный сигнал ЭКГ до введения смоделированной аддитивной помехи. На нижнем рисунке

показана зашумленная ЭКГ при соотношении сигнал-шум $SNR = 15$ дБ. Здесь же показан результат шумоподавления.

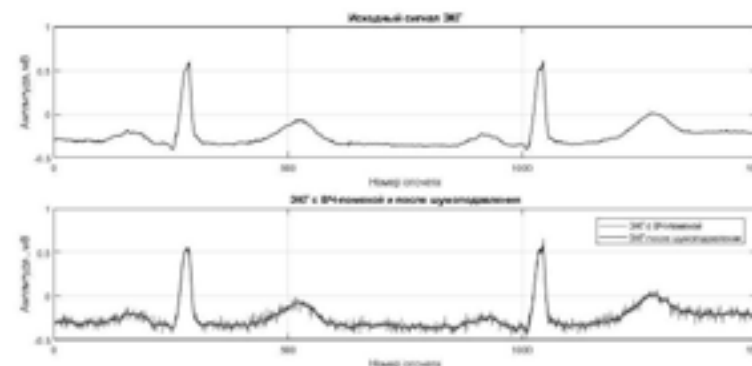


Рисунок 2 – Результат работы метода подавления ВЧ-шума в ЭКГ путем обработки вейвлет-коэффициентов

В таблице 1 приведены количественные результаты работы исследуемого метода для различных значений SNR в виде рассчитанного значения среднеквадратической ошибки *err* (5), а так же относительная величина ошибки $\delta = (err/\sigma_s) \cdot 100$, где $\sigma_s = 172.07$ мкВ – среднеквадратическое отклонение исходного сигнала ЭКГ. Так же в таблице 1 для сравнения приводятся результаты фильтрации сигнала фильтром нижних частот Баттерворта 6-го порядка с частотой среза $f_c = 90$ Гц. Для данного фильтра проводилась компенсация фазового сдвига. Полученные показатели рассчитывались, как среднее по результатам 30 моделирований. Время *t* вычислений указано для компьютера со следующими характеристиками: CPU Intel Core 2 Quad Q9559 2,83 GHz; оперативное запоминающее устройство 6 Гб; AMD Radeon HD 7800.

Таблица 1 – Результаты фильтрации ЭКГ

№	Параметр	SNR, дБ	err	δ, %	t, с
1	Вейвлетная фильтрация	10	21,82	12,68	0.0066
	НЧ фильтр Баттерворта		29,79	17,31	0.0018
2	Вейвлетная фильтрация	15	13,2	7,68	0.0077
	НЧ фильтр Баттерворта		17,34	10,08	0.0026
3	Вейвлетная фильтрация	20	8,70	5,10	0.0067
	НЧ фильтр Баттерворта		10,73	6,23	0.0020

ВЫВОДЫ

Как следует из визуального анализа рисунка 2, а также из данных таблицы 1 применение теории вейвлетов для подавления ВЧ-помех в сигнале ЭКГ дает положительные результаты. Применение данного метода более эффективно при разных значениях SNR в сравнении с НЧ-фильтром Баттерворта, даже после компенсации у последнего фазовых сдвигов. Машинное время, затрачиваемое на проведение вычислений при вейвлетной фильтрации, не значительно отличается от временных затрат стандартных методов.

Следует отметить, что при анализе ЭКГ, сильно искаженной ВЧ-помехами ($SNR < 15$) можно существенно повысить качество фильтрации, если увеличить число уровней декомпозиции. При этом становится возможным проведение ВЧ-фильтрации, так как аппроксимирующие коэффициенты высоких уровней будут содержать информацию о дрейфе изолинии ЭКГ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Рангайян, Р. М.** Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход / Пер. с англ. под ред. Немирко А.П. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 440 с.
- 2 **Kligfield, P., Gettes, L. S., Bailey, J. J., et al.** Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. Part I. AHA/ACC/HRS Scientific Statements. Circulation. – 2007. – № 115. – P. 1306–1324.
- 3 **Малла, С.** Вэйвлеты в обработке сигналов / Пер. с англ. – М. : Мир, 2005. – 671 с.
- 4 **Смоленцев, Н. К.** Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М. : ДМК Пресс, 2004. – 304 с.
- 5 **Goldberger, A. L., Amaral, L. A., Glass, L. et. al.** PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet : Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. Circulation. – 2000. – № 101(23). – P. 215–220.
- 6 **Борисенко, Н. А., Орехов, С. Б.** Применение вейвлет-преобразования для анализа сигналов ЭКГ и РВГ // Инженерная физика. – №5, – 2002. – С. 9–12.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

К. Т. Кошеков¹, Г. В. Савостина², И. А. Ларгина³

Электр кардиосигналдағы жоғары жиілікті кедергілерді басу үшін вейвлетті талдауды қолдану

^{1,2,3}Инженерлік және сандық технологиялар факультеті,
М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.
Материал 19.12.18 баспаға түсті.

K. T. Koshekov¹, G. V. Savostina², I. A. Largina³

Application of wavelet analysis to reduce high-frequency interference in the electrocardiographic signal

^{1,2,3}Faculty of Engineering and Digital Technology,
M. Kozybayev North Kazakhstan State University,
Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақалада электр кардио сигналдарындағы жоғары жиілікті кедергілерді басу үшін вейвлетті талдау теориясын қолданудың негізгі мүмкіндіктері көрсетілген. Фурьенің спектралді анализіне қарағанда вейвлетті түрлендірудің артықшылықтары көрсетілген. Дискретті вейвлетті түрлендіруді жүзеге асырудың ерекшеліктері және оның сандық сигналды өңдеудегі қолданылуы қарастырылған. Сандық сүзгілер банкімен электр кардиосигналын бөліктеп байланыстыру кезінде субжосақты кодтау процесі сипатталады. Сигнал-шұ қатынасының әртүрлі мәндерінде төменгі жиілікті Баттерворт сүзгісі арқылы электрокардиограмманы сандық сүзу нәтижелерімен вейвлет бөліктер коэффициенттерін қайта өңдеуге негізделген сипатталған шұды азайту әдісімен салыстыру жүргізілді. Шұлы сигнал ретінде жасанды түрде енгізілген жоғары жиілікті кедергісі бар нақты электрокардиограмма жазбасы қолданылады. Зерттеу нәтижелері бойынша электрокардиографиялық деректерді өңдеу үшін қаралған әдісті қолдану мүмкіндігі туралы қорытынды жасалды.

The article discusses the main possibilities of using the theory of wavelet analysis to suppress high-frequency noise in the electrocardiogram. The advantages of the wavelet transform compared with Fourier spectral analysis are shown. The features of the implementation of discrete wavelet transform and its application in digital signal processing are

considered. The process of subband coding is described when decomposing electrocardiograms by a bank of digital filters. Comparisons of the described noise reduction method based on the rescaling of wavelet detail coefficients with the results of digital filtering of the electrocardiogram by the low-frequency Butterworth filter at different values of the signal-to-noise ratio were made. As a noisy signal, a real electrocardiogram record with artificially introduced additive high-frequency disturbance is used. According to the results of the study, conclusions were drawn about the possibility of using the considered method for processing electrocardiographic data.

ГРНТИ 621.317

Б. В. Кошекова¹, Ю. Н. Кликушин², А. А. Савостин³

¹докторант PhD, кафедра «Энергетика и радиоэлектроника», Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

²д.т.н., профессор, кафедра «Технология радиоэлектронной аппаратуры» Омский государственный технический университет, г. Омск, 644050, Российская Федерация;

³к.т.н, доцент, «Энергетика и радиоэлектроника», Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан

e-mail: ¹kbv_petr@mail.ru; ²yurik211146@gmail.com; ³alex_savostin@mail.ru

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРИБОРЫ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СЕЙСМОГРАММ

В работе описаны компьютерные приборы, реализующие анализ сейсмограмм инструментами идентификационных измерений. Установлены оперативные предвестники землетрясений в виде пороговых значений идентификационных параметров формы сейсмограммы. Компьютерные приборы решают также задачи оценки силы и направления землетрясения, возможности повторных толчков, формируют интеллектуальную базы данных сейсмограмм с установлением закономерностей катастроф.

Ключевые слова: идентификационные измерения, компьютерный прибор, анализ сейсмограмм.

ВВЕДЕНИЕ

Землетрясение – это одна из наиболее серьезных природных катастроф, уносящие десятки и сотни тысяч человеческих жизней и вызывающие опустошительные разрушения на огромных пространствах [1]. В частности, землетрясение, произошедшее в Армении в 1988 году унесло жизни более 25 тыс. человек, а в Ашхабаде в 1948 году – более 100 тыс. человек. Этот список можно продолжать бесконечно, так как землетрясения разной силы и в разных районах земного шара происходят постоянно, нанося огромный материальный ущерб и приводя к многочисленным жертвам.

Прогноз землетрясений – важная научная проблема, которой занимаются ученые во многих странах мира. Прогнозирование землетрясений включает в себя как выявление их предвестников, так и сейсмическое районирование, то есть выделение областей, в которых можно ожидать землетрясение определенной магнитуды или бальности.

Предсказание землетрясений состоит из долгосрочного прогноза на десятки лет, среднесрочного прогноза на несколько лет, краткосрочного на несколько недель или первые месяцы, оперативные на несколько часов или минут и объявление непосредственной сейсмической тревоги [2].

Существует большое количество разнообразных предвестников землетрясений [3], начиная от собственно сейсмических, геофизических и кончая гидродинамическими и геохимическими. Однако, несмотря на все усилия, этот вопрос еще далек от разрешения.

Создание к началу XX в. сейсмографов, методов отображения на картах сейсмических событий и открытие способов экспериментального измерения параметров сейсмической волны создало новые возможности для изучения землетрясений [1]. Сейсмограммы землетрясений содержат ответы на многие вопросы, связанные с определением гипоцентра и мощности, времени сейсмического толчка, магнитуде, расстоянии от эпицентра, глубине очага, моменты наступления отдельных фаз, ориентировочные пути и время прохождения сейсмических волн. Также при анализе сейсмограммы выделяются типы сейсмических волн: продольные короткие волны P; поперечные волны с большей длиной и амплитудой S; поверхностные волны L (волны Релея LR и волны Лява LQ) гораздо большей длины, их амплитуда так велика, что зигзаги превышают 10 сантиметров.

За последние пять лет в связи с бурным развитием инфокоммуникационных технологий перспективным направлением по среднесрочному и краткосрочному прогнозам землетрясений стали технологии, базирующиеся на применении методов обработки анализасигналов:нейронные сети, фрактальный и вейвлет–анализ, нечеткая логика [2].

Предложенные технологии для анализа сейсмограмм имеют определенные преимущества, однако точность прогноза по поиску предвестников землетрясений остается низкой, поскольку сейсмограммы имеют сложную случайную форму и описать их детерминированными функциями практически невозможно для установления информативных параметров для прогнозирования. Кроме того, ситуация осложняется наличием помех, вызванных различными явлениями: ветер, перепады атмосферного давления, вариации температуры, антропогенный фактор и т.д. Все это проявляется на сейсмограмме в виде сейсмического шума [2]. Чтобы извлечь как можно больше информации из сейсмограммы,

необходимо эффективно распознать и идентифицировать полезные сигналы. Ведь под шумом могут скрываться некие проявления процессов подготовки разрушения, представляющие большой интерес в вопросе прогнозирования землетрясений.

Авторами статьи предлагается разработать компьютерный прибор идентификационных измерений сейсмограмм для идентификации предвестников землетрясений, встраиваемый в сейсмические станции.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время каждая стационарная сейсмическая станция (ССС) Казахстана имеет возможность регистрации сейсмологических и геофизических данных, включена в сеть обмена информацией для возможности передачи и обработки данных, оперативного доступа. На рисунке 1 показана обобщенная структурная схема ССС.

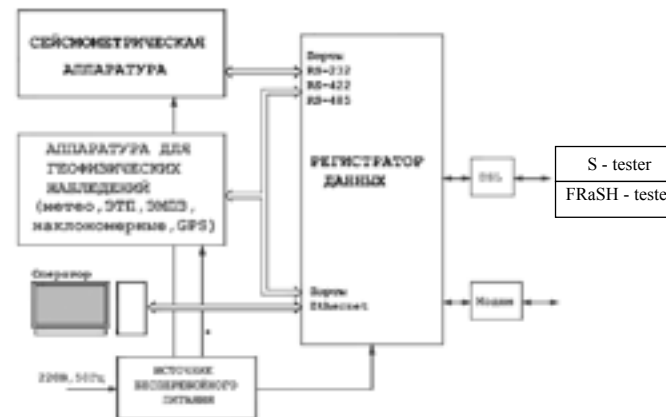


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема ССС

Все сейсмические и геофизические наблюдения включаются в общую сеть сбора, хранения, передачи и обработки информации через стандартные интерфейсы RS 232/422/485 или Ethernet.

Сеть передачи данных строится на базе использования сетевого протокола TCP/IP. По соображениям технического и экономического характера сейсмометрические каналы выполнены на базе сейсмометров СМЗ-ОС (Tc = 50с) и модуля АЦП типа Е-24 (L-card) с дополнением его модулем GPS, схемами калибровки сейсмометров и синхронизации данных, а также обеспечением передачи данных между аппаратурой, располагаемой в сейсмокамере, и сейсмостанцией, на удаление до нескольких сотен метров.

Динамический диапазон сейсмометрических каналов СЦСС составляет 110 дБ при 100 отсчётах в секунду. Регистратор построен на базе малопотребляющей промышленной компьютерной платформы «5.25» для встраиваемых приложений на базе процессора с пассивным охлаждением, имеющий расширенный диапазон температуры эксплуатации. В своем составе регистратор содержит CPU VIA C3, SDRAM PC-133 64Mb, двухканальный контроллер IDE, интегрированный видео контроллер, 2 USB порта, 2 – Ethernet, 3 – RS232, 1 – RS232/422/485. Дисконная память – CompactFlash с возможностью подключения дополнительного CompactFlash диска. Подключение оборудования сейсмометрических каналов к регистратору осуществляется через порты RS-232.

Для расширения динамического диапазона регистрируемых сейсмических сигналов с целью обеспечения неискаженной записи сильных землетрясений в стандартный комплект ССС включается комплект оборудования в составе акселерометра CMG-5 (Guralp, 0-100 Гц) с 24-х разрядным регистратором GSR-24 (GeoSig). Регистратор GSR-24 программируется на автономную работу в ждущем режиме для записи сильных сейсмических событий и непрерывную передачу полного потока данных на микрокомпьютер СЦСС через порт RS-232. В качестве других геофизических наблюдений на первом этапе подключаются GPS приемники.

Программное обеспечение обрабатывает данные регистрации как в режиме удалённого доступа посредством по абонентской линии DSL или через модем телефонной линии, так и при подключении компьютера оператора непосредственно к регистратору. Также в программное обеспечение включается структурированный файловый архив форм сейсмограмм землетрясений, базы данных параметров сейсмометрических каналов и вспомогательной справочной информации, Web-приложения с функциями поиска файлов, Web-браузеры, клиент-серверную архитектуру с доступом через Интернет.

Авторами статьи было установлено, что наиболее перспективной, в настоящее время, является задача совершенствования программного обеспечения путем подключения компьютерных приборов (КП) с функциями цифровой обработки форм сейсмограмм для поиска оперативных предвестников землетрясений. Принцип действия этих инструментов предложено спроектировать, используя основные положения теории идентификационных измерений сигналов (ТИИС) [3], являющаяся обобщением теории измерений на область задач, связанных с распознаванием образов [4].

КП идентификационных измерений (S-tester и FRaSH-tester) были разработаны в среде LabVIEW, функционируют параллельно и

количественно оценивают сейсмограммы по результатам наблюдений в условиях произвольного сочетания регулярных и хаотических компонент [5, 6]. Лицевая панель КП S-tester представлена на рисунке 2.

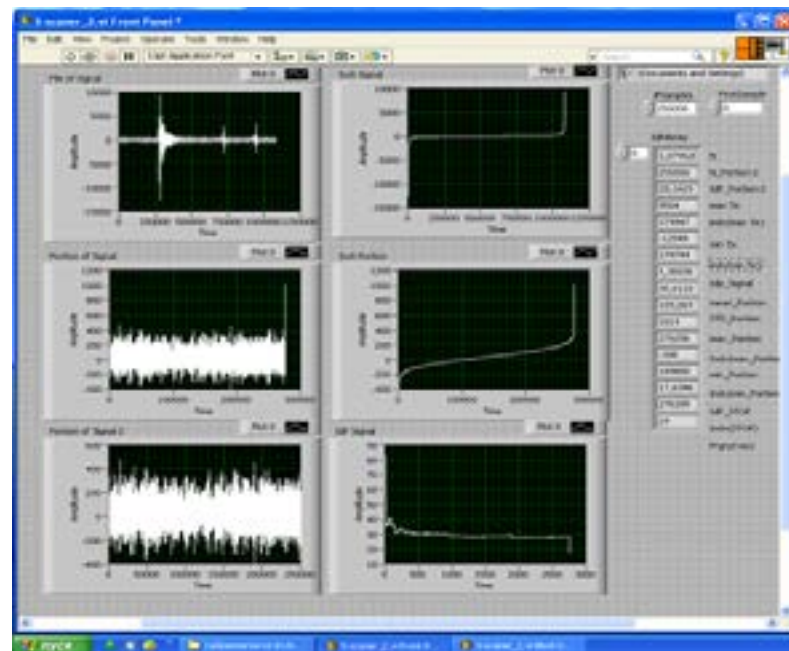


Рисунок 2 – Лицевая панель КП S-tester

КПС-tester состоит из трех основных узлов:

- первый – проводит анализ исследуемой сейсмограммы выборочной реализации N, вводимой в прибор с сейсмографа (FileofSignal): вывод на экран монитора, ранжирование и идентификационное измерение, определение максимальных и минимальных значений сейсмограммы при землетрясении, соответствующие значения моментов времени;
- второй – выделяет фрагмент исследуемой сейсмограммы до землетрясения – первого резкого увеличения (PortionofSignal) параметра $K(t)$, определяет статистические параметры;
- третий – проводит последовательное идентификационное измерение участков сейсмограммы до землетрясения, формирует фрагмент (PortionofSignal 2) до момента, при котором определяемый идентификационный параметр участка станет равным заданному (введенного оператором), определяет прогноз землетрясения ($t_3 = t_1 - t_2$ – время

между моментами наступления землетрясения и моментом срабатывания компаратора).

На лицевую панель КП S-tester выводятся следующие параметры:

1) N – значение выборки исследуемой сейсмограммы;
 2) N_Portion-2 – выборка фрагмента сейсмограммы до момента, при котором определяемый идентификационный параметр участка станет равным заданному и происходит автоматическое отключение (останов) идентификационных измерений;

3) IdP_Portion-2 – идентификационный параметр S фрагмента сейсмограммы до момента, при котором определяемый идентификационный параметр участка станет равным заданному;

- 4) maxTic – максимальное значение K(t) сейсмограммы;
- 5) index (maxTic) – значение отсчета при максимальном значении K(t);
- 6) minTic – минимальное значение K(t) сейсмограммы;
- 7) index (minTic) – значение отсчета при минимальном значении K(t);
- 8) Idp_Signal – идентификационный параметр S сейсмограммы;
- 9) mean_Portion – среднее значение фрагмента сейсмограммы до момента землетрясения;

10) STD_Portion – среднее квадратическое отклонение;

11) max_Portion – максимальное значение K(t) фрагмента сейсмограммы до момента землетрясения;

12) Indx(max_Portion) – значение отсчета при максимальном значении K(t) фрагмента сейсмограммы до момента землетрясения;

13) min_Portion – минимальное значение K(t) фрагмента сейсмограммы до момента землетрясения;

14) Indx(min_Portion) – значение отсчета при минимальном значении K(t) фрагмента сейсмограммы до момента землетрясения;

15) IdP_STOP – значение идентификационного параметра, равное заданному и при котором происходит автоматическое отключение (останов) идентификационных измерений; Index(STOP) – значение отсчета останова идентификационных измерений;

16) Prognz – прогнозируемое время до землетрясения.

Также на лицевой панели представлены информационные мониторы для отображения следующих характеристик:

- FileofSignal – форма исследуемой сейсмограммы;
- SortSignal – ранжированная функция сейсмограммы;
- PortionofSignal – фрагмент сейсмограммы до землетрясения;
- SortPortion – ранжированная функция фрагмента сейсмограммы до землетрясения;

– PortionofSignal 2 – фрагмент сейсмограммы для идентификационных измерений;

– IdPSignal – изменение идентификационного параметра S в зависимости от номеров измерительных участков.

Лицевая панель КП FraSH-tester представлена на рисунке 3.

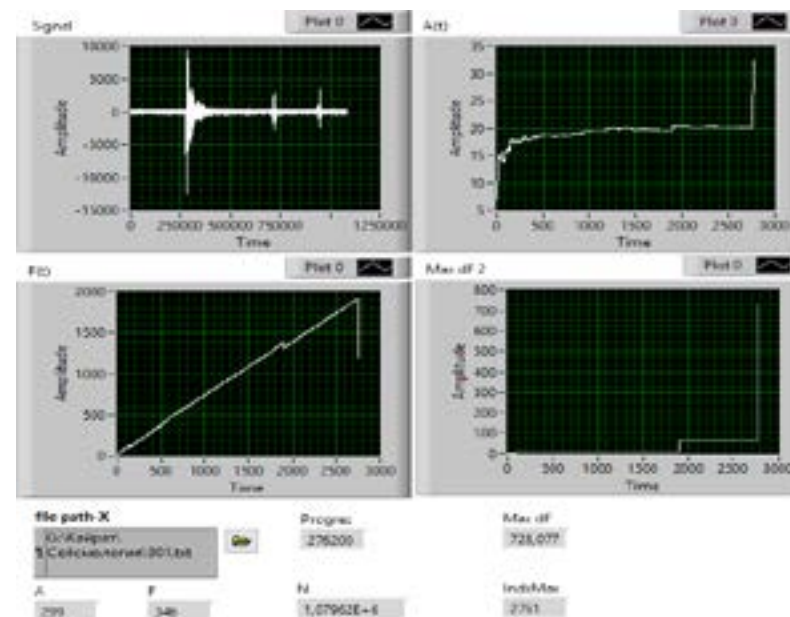


Рисунок 3 – Лицевая панель КПFRaSH-tester

На панели КП FRaSH-tester идентификационных измерений сейсмограмм расположены следующие элементы управления и индикации:

- окно (File path-X) доступа к файлу данных;
- индикатор (Progres) сканирования сигнала (текущее время анализа);
- индикаторы параметра формы (A) и виртуальной частоты (F) полного сигнала, объема N;
- измеритель (Max dF) максимального значения скачка виртуальной частоты в момент наступления землетрясения, время наступления землетрясения связано с числом отсчетов, как 100:1;
- индикатор (Signal) изменения входного сигнала во времени;
- индикатор (A(t)) изменения формы сигнала за время сканирования;
- индикатор (F(t)) изменения виртуальной частоты сигнала за время сканирования;

– индикатор (MaxdF) изменения максимального значения виртуальной частоты сигнала за время сканирования.

ВЫВОДЫ

1) разработаны компьютерные приборы, подключаемые к стационарным сейсмическим станциям и обеспечивающие цифровую обработку формы – распределение мгновенных значений сейсмограмм;

2) в результате моделирования на KPS-tester для группы исследуемых сейсмограмм, предоставленных НИИ сейсмологии Комитета науки Республики Казахстан, с силами $K = \{9, 1, 9, 2, 9, 9, 10, 1, 11, 5, 12, 5, 13, 9, 14, 7\}$ были установлены оперативные предвестники землетрясений в виде оптимальных пороговых значений идентификационных параметров с интервалом прогнозирования $t = (2301 \div 2935)$ сек;

3) в результате моделирования на КП FRaSH-tester для группы исследуемых сейсмограмм с силами $K = \{9, 1, 9, 2, 9, 9, 10, 1, 11, 5, 12, 5, 13, 9, 14, 7\}$ также были установлены оперативные предвестники землетрясений в виде оптимальных пороговых значений идентификационных параметров с интервалом прогнозирования $t = (50 \div 60)$ часов;

4) КП позволяют решать также задачи оценки: а) силы и направления будущего землетрясения, б) возможности повторных толчков, их количество и силу, в) формировать интеллектуальную базы данных сейсмограмм с установлением закономерностей изменения идентификационных параметров с прогнозируемой силой землетрясений;

5) КП применимы для решения задач прогнозирования не только землетрясений, но и других катастроф – с автоматической выдачей пользователю рекомендаций в виде числовых оценок и лингвистических описаний в терминах области, поскольку выделяют в структуре анализируемого сигнала участки нестационарности – интервалы, в пределах которых происходит изменение качественного состояния сигнала.

Работа выполнена в рамках научного гранта № 0196ГФ Министерства образования и науки Республики Казахстан и в порядке творческого сотрудничества Северо-Казахстанского государственного университета, Омского государственного технического университета и НИИ сейсмологии Комитета науки Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Короновский, Н. В.** Фрязиново : Век 2, 2014. – 175 с. Земля. Метеориты, вулканы, землетрясения.

2 **Юнга, С. Л.** Методы и результаты изучения сеймотектонических деформаций. – М. : Наука, 1990. – 191 с.

3 **Соболев, Г. А.** Основы прогноза землетрясений. – М. : Наука, 1993. – 312 с.

4 **Могги, К.** Предсказание землетрясений. – М. : Мир, 1988. – 382 с.

5 **Кликушин, Ю. Н., Кошекков, К. Т., Кошеккова, Б. В.** Транслятор как универсальный инструмент идентификационных измерений // Информационно-измерительные и управляющие системы. – М. : Изд-во «Радиотехника», 2008. – № 9. – Т. 6. – С. 24–30.

6 **Koshekhova, B., Belosludtsev, O., Klikushin, Y.** «Improving the Efficiency of Searching for a Short-Term Operational Earthquake Precursor Based on Vector Identification Measurements» // 11th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT 2017) – Yerevan, Armenia, September 25–29, 2017.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Б. В. Кошеккова¹, Ю. Н. Кликушин², А. А. Савостин³

Сейсмограммаларды сәйкестендіріп өлшейтін компьютерлік аспаптар

^{1,3}М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы;

²Омбы мемлекеттік техникалық университеті,
Омбы қ., 644050, Ресей Федерациясы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

B. V. Koshekhova¹, Yu. N. Klikushin², A. A. Savostin³

Computer devices of identification measurements of seismograms

^{1,3}M. Kozybayev North Kazakhstan State University,
Petropavlovsk, 150000, Republic of Kazakhstan;

²Omsk State Technical University,
Omsk, 644050, Russian Federation.

Material received on 19.12.18.

Жұмыста сәйкестендіріп өлшеу құралдарымен сейсмограммалардың талдауын іске асыратын компьютерлік аспаптар сипатталған. Сейсмограмма нысанының сәйкестердіру параметрлерінің шекті мәні түрінде оперативті жерсілкіну хабаршылары орнатылған. Компьютерлік аспаптар сондай-ақ

жерсілкіңудің күшін және бағытын бағалау, соққының қайталану мүмкіндігі мәселесін шешеді, апаттар заңдылығын белгілеп, сейсмограммалардың зияткерлік дерек қорын қалыптастырады.

The paper describes computer devices that implement the analysis of seismograms using identification measurement tools. Operational precursors of earthquakes were established in the form of threshold values of identification parameters of the gathering waveform. Computer devices also solve the problem of assessing the strength and direction of an earthquake, the possibility of repeated aftershocks, form an intelligent database of seismograms with the establishment of patterns of disasters.

ГРНТИ 44.29.01

М. Б. Кошумбаев¹, С. Б. Тілебалды²

¹Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010011, Республика Казахстан;

²Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010011, Республика Казахстан

e-mail: ¹marat7759@mail.ru

РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРЯМОТОЧНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ С ПОВЫШЕННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ОТВОДЯЩЕГО УЧАСТКА

Существующие конструкции гидротурбин обладают большой массой и значительными размерами. Для обеспечения рабочего режима используют опасные и дорогостоящие гидротехнические сооружения (ГТС) для перекрытия русла реки и создания подпора на верхнем бьефе.

Для снижения воздействия ГТС на экологию необходимо отказаться от них и использовать прямоточные гидротурбины, которые оказывает очень малое воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова : прямоточная гидротурбина, горизонтальная ось вращения, вихревое движение, завихритель, лопасти, консольное напряжение, кавитация, отводящий участок повышенной пропускной способностью.

ВВЕДЕНИЕ

Задачей настоящего изобретения является создание гидроагрегата для преобразования кинетической энергии потока текучей среды в электрическую энергию в магистральных каналах, малых реках, а также в напорных и безнапорных трубопроводах.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является уменьшение эксплуатационных расходов и повышение надежности работы гидроагрегата путем устранения течи из сальников подшипников и размещения обмотки статора вне текучей среды, а также повышение пропускной способности за счет использования отводящего участка.

Технический результат – повышение надежности работы гидроагрегата путем устранения течи из сальников подшипников достигается тем, что

сальники подшипников, ввиду их небольших размеров, были размещены в дополнительно введенных устройствах, улучшающих работу гидроагрегата.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Эффективность конструкции повышается в следствии применения отводящего участка повышенной пропускной способности. Так в подающем трубопроводе было использовано дополнительно введенное устройство подачи текущей среды, выполненное в виде завихрителя потока среды, а в отводящем участке – устройство снижения кавитации, представленное в виде плавного обтекателя. При такой надежной защите подшипников с сальниками устраняются всевозможные протечки воды, и, следовательно, исчезает необходимость использования уплотнителей сальников. Это позволяет уменьшить трение подшипников, и тем самым, повысить надежность работы гидроагрегата.

Другой технический результат – расположение обмоток статора вне текущей среды был достигнут путем вынесения статора за пределы кожуха гидроагрегата. В соответствии с конструкцией заявляемого гидроагрегата магниты ротора и обмотки статора, находятся в одном сечении, но на различных уровнях, относительно оси вращения гидротурбины. Такой разноуровневый подход размещения частей электрогенератора, позволил расположить магниты ротора внутри кожуха, где они могут быть подвергнуты воздействию текущей среды, которая не влияет на их работу. Обмотки статора электрогенератора, в которых непосредственно возбуждается электрический ток, предусмотрительно были вынесены за пределы кожуха гидроагрегата, что бы они не входили в контакт с текущей средой, во избежание риска их замыкания.

На первоначальном этапе была разработана конструкция малонапорной гидротурбины, повышающая надежность работы агрегата за счет устранения уплотнителей для сальников подшипников, расположенных на входной и выходной частях малонапорной гидротурбины.

В данной конструкции, гидроколесо, магниты и обмотка генератора, сальники с подшипниками располагаются внутри герметичной капсулы. Гидротурбина исключает фильтрацию, устраняет сопротивление (нет вкладок, прокладок), уменьшается диаметр подшипников в 10 раз.

В первоначальном варианте вода не попадала в подшипник, расположенного на входной части турбины, посредством выполнения дополнительного уплотнения из лабиринтовых ячеек и накопительной камеры для воды, которая удаляется из нее отводящей трубкой. Вода, попадая в данную камеру, удаляется из нее через трубку, не доходя до подшипника [1].

Отличительные признаки предлагаемой конструкции:

- вращающаяся часть гидротурбины – гидроколесо с лопастями жестко закрепленная внутри внутренней трубы, находится внутри внешней герметичной трубы, диаметры которых в несколько раз больше подающего водовода;
- внешняя и внутренние трубы меняют свой диаметр по длине;
- магниты расположены с внешней стороны внутренней трубы, а обмотка с внешней стороны внешней трубы;
- подшипники гидроколеса закреплены в подводящем и отводящем водоводах;
- сальники с подшипниками имеют небольшие размеры и расположены внутри устройств, предназначенных для завихрения потока в подающем водоводе и снижения кавитации в отводящем участке.

Схема новой конструкции гидротурбины

На рисунке 1 приведена схема предлагаемой конструкции малонапорной гидротурбины, где 1 – подводящий водовод; 2 – завихритель; 3 – внешняя труба; 4 – труба гидроколеса; 5 – лопасти; 6, 9 – сальник с подшипником; 7 – магниты; 8 – обмотка генератора; 10 – плавный обтекатель; 11 – крепление обтекателя; 12 – отводящий водовод; 13 – основание гидроколеса; 14 – ось вращения.

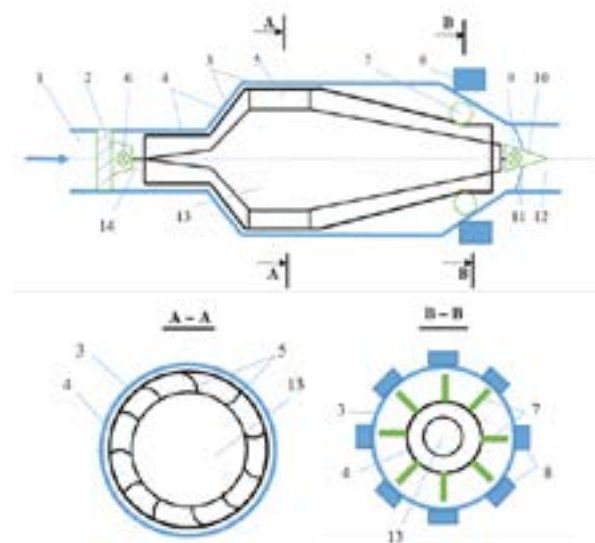


Рисунок 1 – Схема малонапорной гидротурбины

Подводящий 1 и отводящий 12 водоводы соединяются с внешней трубой 3 и представляют собой герметичную конструкцию. Завихритель 2 потока воды жестко крепится в подводящем водоводе 1. Лопасти 5 одним ребром крепятся на основании гидроколеса 13, а другим ребром жестко закреплены с внутренней стороны трубы 4 гидроколеса. Ось вращения 14 гидроколеса опирается на подшипники с сальниками 6, 9, которые находятся в завихрителе 2 и плавном обтекателе 10. На трубу гидроколеса с внешней стороны крепятся магниты 7. Обмотка генератора 8 располагается на внешней трубе 3.

ВЫВОДЫ

Разработана новая конструкция гидротурбины деривационного назначения. Для повышения эффективности работы турбины используется вихревой эффект. Закрутка потока позволяет максимально передать энергию скоростного напора на лопасти гидроколеса. Устранение кавитации и повышение пропускной способности отводящего участка гидротурбины также повышают эффективность и безопасность ее работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Кошумбаев, М. Б.** и др. Гидроагрегат. Инновационный патент № 28725. Оpubл. в бюл. № 7 от 15.07.2014.

2 **Кошумбаев, М. Б.** и др. Гидроагрегат. Инновационный патент № 31166. Оpubл. в бюл. № 5 от 16.05.2016.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

М. Б. Кошумбаев¹, С. Б. Тілебалды²

Бұрғыш учаскенің өткізу қабілеті жоғары тікелей ағынды гидротурбинаның жаңа құрылымын әзірлеу

^{1,2}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана қ., 010011, Қазақстан Республикасы.
Материал 19.12.18 баспаға түсті.

M. B. Koshumbayev¹, S. B. Tilebaldi²

Development of a new design of a direct-flow hydro turbine with increased throughput capacity of the outlet section

^{1,2}S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Astana, 010011, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Существующие конструкции гидротурбин обладают большой массой и значительными размерами. Для обеспечения рабочего режима используют опасные и дорогостоящие гидротехнические сооружения (ГТС) для перекрытия русла реки и создания подпора на верхнем бьефе.

Для снижения воздействия ГТС на экологию необходимо отказаться от них и использовать прямоточные гидротурбины, которые оказывает очень малое воздействие на окружающую среду.

Existing designs of turbines have a large mass and a significant size. To provide the operating mode dangerous and expensive hydraulic structures (GTS) are used to block the river and create a backwater on the upstream.

To reduce the impact of GTS on the environment it is necessary to abandon them and use a parallel flow turbine, which has a very small impact on the environment.

**В. П. Марковский¹, Б. К. Шапкенов², А. Б. Кайдар³,
М. Б. Кайдар⁴, К. Рагхаван⁵, М. Е. Волгин⁶**

¹к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

³м.т. и т., гл. менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу, 081000, Республика Казахстан;

⁴менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁵заслуженный профессор, Университет нефти и энергетических исследований, г. Дехрадуп, 248007, Индия;

⁶менеджер, АО «КазТрансГаз», г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ¹wadim54@mail.ru; ^{2,3}argin_intel@mail.ru;

⁴1m.kaidar@amangeldygas.kz; ⁵kraghavan@ddn.upes.fc.in

НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

В статье отмечается, что процедура энергоаудита не в полной мере обеспечена современными адекватными и эффективными методами и методиками анализа показателей электропотребления.

Приводятся ежемесячные ранговые Н-распределения электропотребления дистанции гражданских сооружений НГЧ-3 за 2017 г., структура изменения электропотребления за 2017 г. (динамика 1-го рода), потребление электроэнергии ТЧ-15 по месяцам за 2017 г., (тыс. кВт·ч), показатели потребления электроэнергии ТЧ-15 за 2013–2017 гг.

Указывается, что на выбор метода нормирования и установления целевых показателей энергоэффективности влияет величина самого объекта исследования.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, энергоаудит, учета в электропотреблении, ранговые Н-распределения электропотребления, нормирование электропотребления.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время процедура энергоаудита не в полной мере обеспечена современными адекватными и эффективными методами и методиками анализа

показателей электропотребления для выявления объектов учета, требующих первоочередных мер по оптимизации объемов электропотребления, что позволяло бы отразить реальное состояние потребления ими электроэнергии и предложить адресный подход к нормированию.

Каждый из существующих методов нормирования нацелен на установление норм узкой направленности в использовании. Для реализации комплексного решения задач нормирования и достижения эффекта от внедрения на предприятиях норм, выраженного в рационализации энергоиспользования и энергосбережении, необходима разработка методики анализа показателей электропотребления, охватывающей все уровни учета электропотребления внутри предприятия. Такая методика должна предлагать системный подход к установлению норм и использовать не только математический аппарат классических и вероятностно-статистических методов расчета, но и позволять проводить анализ динамики структуры электропотребления исследуемого предприятия как объекта, проявляющего ценологические свойства устойчивости распределения объемов ограниченного ресурса – потребляемой электроэнергии – между отдельными объектами.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Энергетическая эффективность в современных условиях является важнейшим фактором повышения конкурентоспособности казахстанских железных дорог на внутреннем и международном рынке транспортных услуг.

Рассмотрим результаты энергоаудита структурных подразделений Акционерного общества «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» (АО «НК «ҚТЖ»).

У большинства объектов учета в электропотреблении присутствует сезонная составляющая, выраженная в снижении ежемесячных объемов летом и росте в зимний период. В то же время имеется ряд объектов (№ 6, 8 Филиала АО «НК «ҚТЖ» – "Павлодарское отделение магистральной сети»), электропотребление которых жестко нормировано и не изменяется в течение года.

Оценить характер влияния «всплесков» или «провалов» позволяет применение метода ранжирования объектов по параметру электропотребления и анализ изменения их рангов во временном разрезе путем построения структурно-топологической динамики [1, с. 82]. Для анализа изменения рангов объектов учета было получено семейство кривых гиперболического рангового Н-распределения за каждый месяц 2017 года, представленных на рисунке 1. Каждая из этих кривых описывается математической моделью гиперболического рангового Н-распределения по параметру, имеющая вид:

$$W(r) = \frac{W_1}{r^\beta}, \tag{1}$$

где W_1 – значение наибольшей величины электропотребления объектов выборки; β – характеристический показатель рангового Н-распределения.

Математические функции, описывающие гиперболические ранговые Н-распределения по параметру за каждый месяц, представлены в таблице 1.

Важнейшим условием устойчивости системы электропотребления, состоящей из ряда объектов учета, является доказанная проектом устойчивость во времени структуры гиперболического рангового Н-распределения по параметру и его характеристических показателей W_1 и β . Тренд W_1 математически описывается линейной функциональной зависимостью вида: $W_1(t) = 3,02x + 46,84$, отражающей тенденцию к минимуму значительному росту величины электропотребления. Динамика изменения показателя β отличается своей нестабильностью и дает разброс его величины в диапазоне от 1,3295 до 1,9253 (44,81 %). Показатель обладает устойчивостью в зимние месяцы и разброс составляет 1,3 %.

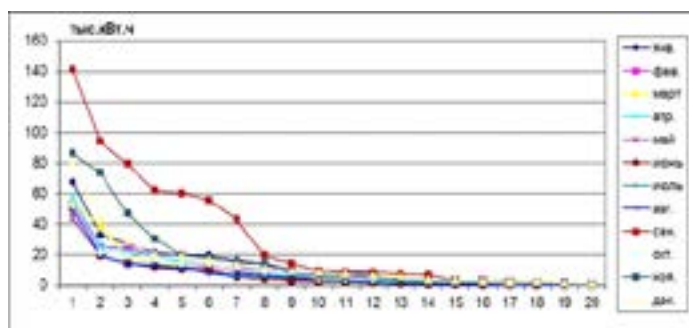


Рисунок 1 – Помесячные ранговые Н-распределения электропотребления дистанции гражданских сооружений НГЧ-3 за 2017 г.

Начиная с апреля месяца наблюдается рост показателя β до величин, превышающих верхнюю границу показателя ($0,5 < \beta < 1,5$) и отражающую переход системы в неустойчивое состояние, что свидетельствует о некорректности данных по потреблению электроэнергии отдельными объектами учета. Это приводит к перераспределению рангов между объектами и искажению формы ранговой поверхности гиперболического Н-распределения.

Таблица 1 – Модели месячного электропотребления объектов учета дистанции гражданских сооружений НГЧ-3 за 2017 г.

Период	Модель эл.потребления, (тыс. кВт.ч)	Период	Модель эл.потребления, (тыс. кВт.ч)
январь	$W = 127,68 x^{-1,3295}$	июль	$W = 116,39 x^{-1,7665}$
февраль	$W = 102,78 x^{-1,344}$	август	$W = 137,01 x^{-1,8917}$
март	$W = 101,53 x^{-1,3465}$	сентябрь	$W = 622,89 x^{-1,9253}$
апрель	$W = 129,25 x^{-1,5759}$	октябрь	$W = 115,65 x^{-1,5079}$
май	$W = 110,81 x^{-1,72}$	ноябрь	$W = 288,50 x^{-1,8075}$
июнь	$W = 111,17 x^{-1,7991}$	декабрь	$W = 132,26 x^{-1,3326}$
Всего год			

Анализ динамики выявляет значительные нарушения характера изменения рангов отдельных объектов учета, связанные с резкой сменой ранга в соседних временных периодах, что приводит к значительным искажениям топологии ранговой поверхности.

Построим динамику 1-го рода (рис. 2) [2, с. 135–138], проранжировав по убыванию величины их электропотребления по данным за январь с сохранением их первоначальных рангов в последующие месяцы. В результате была получена структура электропотребления предприятия, выраженная динамикой 1-го рода.

Анализ характера изменения величин электропотребления отдельных объектов выявил значительные нарушения, выраженные в резком, несвойственном для объекта, изменении их объемов электропотребления, вызвавшие резкую смену ранга: с последнего на первый, с восемнадцатого на второй, с пятого на двадцатый и т.д., что говорит о неграмотном подходе к формированию предприятием своих электрических балансов. Такой подход нарушает закономерности структуры электропотребления и не позволяет в полной мере реализовывать процедуру нормирования.

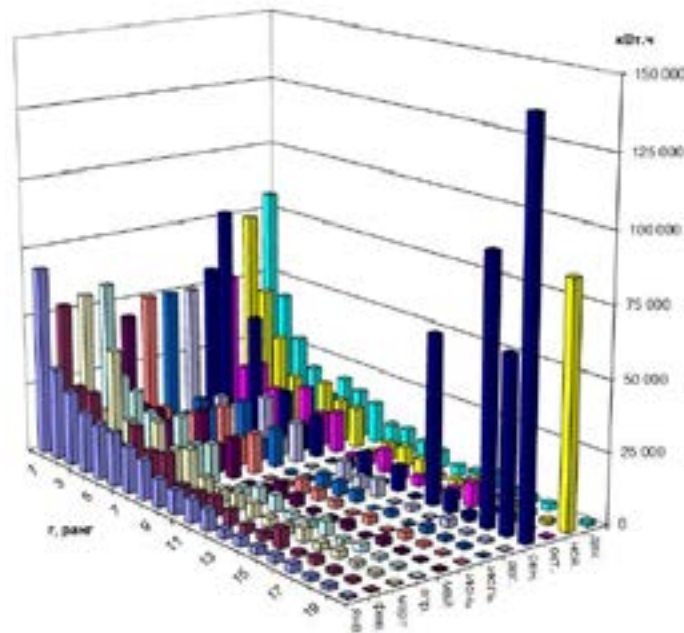


Рисунок 2 – Структура изменения электропотребления за 2017 г. (динамика 1-го рода)

Моторвагонное депо (ТЧ-15) является структурным подразделением дирекции АО «Пригородных перевозок» дороги и выполняет технические обслуживания (ТО-3, ТО-4, ТО-5) и текущие ремонты (ТР-1, ТР-2, ТР-3) электропоездов постоянного тока (ЭР2, ЭР2Р, ЭТ2ЭМ и др.) и выдает электропоезда для их эксплуатации на участках пригородного сообщения.

Определение величин потребления электроэнергии предприятием производится на основании 4-х счетчиков коммерческого учета. По двум из них определяются объемы в части потребления электроэнергии нетяговыми потребителями (технологическим комплексом – депо по ремонту подвижного состава), другие два фиксируют объемы электроэнергии на тягу поездов. На полстанции предприятия РТП, питающей нетяговых потребителей, также имеется система технического учета, охватывающая 85 точек учета.

Исходными данными по результатам проведенного энергоаудита являются сведения о ежемесячном потреблении электро-энергии депо за 2017 год (таблица 2).

Таблица 2 – Потребление электроэнергии ТЧ-15 по месяцам за 2017 г., (тыс. кВт.ч)

Период	Потребление э/э	Период	Потребление э/э
Январь	344,50	Июль	224,64
Февраль	390,78	Август	223,13
Март	322,51	Сентябрь	325,96
Апрель	353,61	Октябрь	416,08
Май	203,55	Ноябрь	364,12
Июнь	225,82	Декабрь	456,23
Итого 2009 год			3850,93

Анализ показывает, что электропотребление предприятия носит ярко выраженный сезонный характер, что отражается в снижении объемов потребления электроэнергии летом и их возрастании в зимний период. Функциональная зависимость изменения электропотребления в течение года может быть представлена моделью полинома 2-ой степени со степенью достоверности аппроксимации $R^2 = 0,67$ вида: $W(t) = 5,9837 x^2 - 72,322 x + 466,88$ [3, с. 68–73].

Модель может быть использована для нормирования электропотребления в качестве аппроксимирующей функции.

Для анализа и выбора метода нормирования электропотребления предприятия в целом рассмотрим данные о годовом электропотреблении за период 2013–2017 гг. с разбивкой на тягу поездов и на нетяговые нужды, а также с учетом грузоперевозок как показателя объемов производства (таблица 3). На основании таблицы получена регрессионная модель в виде линейной функции $W(t) = 0,0254 x + 2,2706$ с очень высокой степенью достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9651$. Полученная зависимость характеризуется постоянной составляющей в электропотреблении предприятия, равной 2,27 млн. кВт.ч, что соответствует величине электропотребления депо на нетяговые нужды. Предложенная линейная зависимость может быть использована для планирования объемов электропотребления на электротягу.

Рассмотренные на примере исследованных предприятий методы нормирования показателей электропотребления и оценки объемов энергосбережения показали, что процедура нормирования не может быть сведена только к реализации классических статистических способов обработки данных простой экстраполяцией и подбором регрессионной математической модели зависимости показателя электропотребления во временном разрезе (анализ временного ряда) либо от различных производственно-экономических факторов.

Таблица 3 – Показатели потребления электроэнергии ТЧ-15 за 2013-2017гг.

Показатели	2013	2014	2015	2016	2017
Основное депо, тыс. кВт.ч	2 676,96	2 832,46	2 875,1	3 199	3 850,
Тяга поездов, тыс. кВт.ч	52 968,2	55 602,7	98 783,7	26 735	–
Итого с тягой	55 645	58 435	101 658	29 935	3 850
Объем работ, тыс. тонно-км брутто	2298,211	2398,463	3722,503	910,2	2346,6
Емкость, кВт.ч/тонно-км.бр.	24,212	24,364	27,309	32,889	1,641
Удельный расход, кВт.ч/тонно-км.бр.	23,048	23,183	26,537	29,374	–

При анализе и обработке исходных данных для выбора метода нормирования, подходящего именно для предложенных данных, было выявлено, что не всегда при энергоаудите предоставляются исходные данные в необходимом объеме полноты информации для проведения исследований выявления закономерностей изменения показателей электропотребления.

Поэтому в ряде случаев для проведения процедуры нормирования электропотребления классические математические методы не применимы и должны быть заменены или дополнены процедурами *H*-анализа с использованием гиперболического рангового по параметру *H*-распределения [4, с. 115–119] как в статических срезам, так и во временном разрезе.

ВЫВОДЫ

На выбор метода нормирования и установления целевых показателей энергоэффективности влияет величина самого объекта исследования.

Для мелких предприятий достаточно установления нормы величины электроемкости основного вида продукции/работ *Э* или величины общего электропотребления $W_{общ}$.

Для средних предприятий необходимо нормировать также величины общих и удельных расходов электроэнергии для отдельных цехов, либо по отдельным производственным показателям.

Однако для крупных предприятий такого объема показателей недостаточно для выявления и оценки потенциала энергосбережения. Для таких объектов исследования задача нормирования должна решаться комплексно с установлением норм на каждом уровне администрирования и хозяйствования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей : Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. ISBN978-601-238-674-5.

2 **Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Система диагностики аварийных пульсаций напряжения в контактной сети тяговых преобразователей. Сб. Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. ч. 1. Алматы, 1996. – С. 135–138.

3 **Шапкенов, Б. К.** Обеспечение непрерывного функционирования предприятий при отключении электроэнергии // Междунар. науч.-практич. конф. «Снижение рисков и ликвидация последствий ЧС природ и техноген характера – приоритетные направления социальной безопасности и устойчивого развития в северных регионах РК. – Павлодар, 2009. – С. 68–73.

4 **Шапкенов, Б. К.** Многоуровневая защита деятельности предприятий от аварий и негативных факторов» // Журнал «Комплексная безопасность» № 10. – 2009. – с. 115–119.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

В. П. Марковский¹, Б. К. Шапкенов², А. Б. Кайдар³, М. Б. Кайдар⁴, К. Рагжаван⁵, М. Е. Волгин⁶

Кәсіпорындар мен олардың бөлімшелерінің электр параметрлерін нормалау

^{1,2}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

³«Тараз химиялық паркі АЭА» БК» АҚ, Шу қ., 081000, Қазақстан Республикасы;

^{4,6}«ҚазТрансГаз» АҚ,

Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

⁵Мұнай және энергетикалық зерттеулері университеті, Дехрадун қ., 248007, Үндістан.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

V. P. Markovsky¹, B. K. Shapkenov², A. B. Kaidar³, M. B. Kaidar⁴,
K. Raghavan⁵, M. E. Volgin⁶

Rationing of electrical parameters of the enterprises and their divisions

^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

³JSC «MC SEZ HimPark Taraz»,
Shu, 081000, Republic of Kazakhstan;

^{4,6}JSC «KazTransGas»,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

⁵University of Petroleum and Energy Studies,
Dehradun, 248007, India.

Material received on 19.12.18.

Мақалада энергоаудит рәсімі электр тұтыну көрсеткіштерін талдаудың қазіргі заманғы барабар және тиімді әдістерімен және әдістемелерімен толық көлемде қамтамасыз етілмеген.

2017 ж. НГЧ-3 азаматтық құрылыстарының электр тұтынуын ай сайынғы болу, 2017 ж. электр тұтынудың өзгеру құрылымы (1-ші түр динамикасы), 2017 жж. ай бойынша ТЧ-15 электр энергиясын тұтыну, (мың кВт·сағ), 2013–2017 жж. ТЧ-15 электр энергиясын тұтыну көрсеткіштері келтіріледі.

Энергия тиімділігінің нысаналы көрсеткіштерін нормалау және белгілеу әдісін таңдауға зерттеу объектісінің өзінің шамасы әсер ететіндігі көрсетіледі.

The article notes that the procedure of energy audit is not fully provided with modern, adequate and efficient methods and techniques for the analysis of indicators of power consumption.

Monthly ranking N-distributions of power consumption of civil structures NHP-3 for 2017, structure of change in power consumption for 2017 (dynamics of the 1st kind), electricity consumption of PM-15 by months for 2017, (thousand kW per h), indicators of electricity consumption of PM-15 for 2013–2017.

It is indicated that the choice of the rationing method and the establishment of target indicators of energy efficiency is influenced by the value of the object of study.

ГРНТИ 44.31.31

А. Г. Матаев¹, А. Н. Бергузинов²

¹магистрант, кафедра «Теплоэнергетика», Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²доктор PhD, доцент, кафедра «Теплоэнергетика», Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹matayev767@gmail.com; ²askhat_berguzinov@mail.ru

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА АКСУ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассматриваются схемы и различные технологии подготовки воды. Данный вопрос достаточно актуален на данный момент, так как на отечественном энергетическом рынке появилось большое количество нового водоподготовительного оборудования с высокими экологическими характеристиками. Проводится анализ всех существующих схем и инноваций в области водоподготовки, функционирующих на предприятиях в настоящее время. Широкому внедрению их в производство мешает отсутствие нормативной базы на их использование и противоречивый опыт эксплуатации головных установок на отечественных ТЭС, особенно для вод с повышенным содержанием органических веществ, что характерно для поверхностных вод центра и севера Казахстана. В связи с этим существует необходимость совершенствования традиционных технологий и создания новых систем обессоливания.

Ключевые слова: тепловые электрические станции, водоподготовка, мембранные методы, обратный осмос, электродеионизация.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время водоподготовительная установка (ВПУ) на ТЭС призвана восполнять потери водного теплоносителя в основном контуре. Существует большое количество возможных вариантов схем водоподготовки для получения обессоленной воды на ТЭС.

Наибольшее распространение в Республике Казахстан получила технология химического обессоливания на базе прямоточных ионитных фильтров. Эта технология применяется уже несколько десятилетий и показала себя вполне надежной для вод малой и средней минерализации ($[SO_4] + [Cl] < 5$ мг-экв/дм³). Для вод с высокой минерализацией ($[SO_4] + [Cl] > 5$ мг-экв/дм³) или при повышенном содержании органических соединений ($О_{ок} > 20$ мгО/дм³) используют термическое обессоливание.

В природной воде постоянно отмечается рост загрязненности техногенными органическими соединениями: удобрениями, ядохимикатами, нефтепродуктами и т.д. Традиционные химические технологии водоподготовки удаляют эти загрязнения недостаточно эффективно, что приводит к образованию в конденсатно-питательном тракте потенциально кислых веществ, и, как следствие, к многочисленным фактам нарушения ВХР [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ужесточение экологических требований к сточным водам водоподготовительных установок, с одной стороны, ухудшение качества обрабатываемой воды, с другой, удорожание реагентов, ионитов, а также высокие эксплуатационные затраты привели к необходимости совершенствования традиционных технологий и созданию новых схем обессоливания.

Наиболее перспективными технологиями обработки вод невысокой минерализации с повышенным содержанием органических примесей, что характерно для поверхностных вод центра и севера Казахстана, являются: противоточное ионирование и обессоливание на основе мембранных методов.

Новые ВПУ, основанные на противоточных технологиях, внедрены на Аксуской ГРЭС, Павлодарской ТЭЦ и др. В настоящее время накоплен первый опыт эксплуатации новых установок, частично или полностью укомплектованных импортным оборудованием и фильтрующими материалами, не всегда учитывающих особенности примесей природных вод, иногда упрощенных в целях снижения капитальных затрат.

ВПУ номинальной производительностью 1700 м³/ч находится в эксплуатации на ГРЭС г Аксу. Установка предназначена для выработки глубоко умягченной воды ($Жо < 10$ мкг-экв/дм³) и включает две стадии обработки исходной (р. Иртыш) воды: осветление на механических однокамерных фильтрах (12 шт. с единичной производительностью 145 м³/ч) с периодическим подключением контактной коагуляции и Na-катионирование на противоточных фильтрах (4 шт. с единичной производительностью 585 м³/ч).

Противоточный Na-катионитный фильтр предполагает фильтрацию осветленной воды снизу вверх с расходом от 170 до 585 м³/ч. Фильтр представляет собой двухкамерный аппарат (D=3,8 м) с тремя дренажными устройствами типа «ложное дно» и тысячей колпачковых элементов в каждом устройстве, перекрывающем все поперечное сечение фильтра. Фильтр загружен катионитом С-100 (объем ионита – 30 м³: 10 – внизу и 20 – сверху) с плавающим слоем инерта.

По результатам лабораторных исследований и промышленных испытаний проведенных на территории КГП на ПХВ «Аксу су арнасы» было установлено, что данный катионит устойчиво работает с рабочей обменной емкостью $E_p = 1200 \div 1400$ г-экв/м³ при удельном расходе соли на регенерацию 100 г/г экв. При нагрузке в диапазоне 170÷500 м³/ч на один фильтр (скорость фильтрации до 50 м/ч, диаметр 3,8 м) жесткость умягченной воды держится на уровне 2 мкг-экв/дм³. Первые фильтроциклы составили 25000 м³, через год фильтроцикл снизился до 18000–20000 м³.

Высокое качество химочищенной воды при большой единичной производительности ионитных фильтров обеспечивается глубокой автоматизацией управления, как отдельными фильтрами, так и всей установки в целом. Установка может работать и периодически работает в полностью автоматическом режиме. При этом оперативный персонал контролирует состояние технологического процесса по компьютерным экраным формам визуализации и в любой момент может переключить управление установкой на ручной режим.

Данная установка отработала под контролем сотрудников предприятия «Аксу су арнасы» почти год большей частью в автоматическом режиме [2]. Выработка умягченной воды за фильтроцикл составила 20000 м³, против 6000-8000 м³ на традиционных прямоточных фильтрах в равных условиях. Удельные расходы соли снижены на 20 %, расход воды на собственные нужды Na-катионитного фильтра составил 1 % по сравнению с 35 % по традиционной технологии.

Опыт эксплуатации противоточных технологий доказывает их преимущества по сравнению с традиционными: снижение количества необходимого водоподготовительного оборудования; высокие обменные емкости ионитов; высокое качество фильтрата, которое обеспечивается при небольших расходах реагентов на регенерацию – 1,8–2,2 г-экв/г-экв; уменьшение количества высокоминерализованных сточных вод.

Однако, из-за отсутствия второй (барьерной) ступени и трудности определения момента вывода на регенерацию отключение противоточного фильтра часто проводится по количеству пропущенной воды со значительным запасом, что ведет к недовыработке обессоленной воды. При противоточной

регенерации увеличивается интенсивность регенерации и, как следствие, количество переключений, что требует высокой культуры обслуживания таких установок, надежной арматуры, средств автоматизации и контроля. Все они требуют применения осветленной воды, глубоко очищенной от взвешенных, органических веществ, а также соединений железа. Эффективность применения противотока тем выше, чем качественнее поступающая на фильтры вода.

В последнее время большое внимание уделяется малореагентным методам и прежде всего мембранным технологиям.

В условиях города Аксу было проведено сравнение экономической эффективности обессоливания воды ионным обменом и обратным осмосом которое показало, что при солесодержании более 150–300 мг/л обратный осмос экономичнее даже противоточного ионирования [3].

Имеющийся опыт эксплуатации установок обратного осмоса (УОО) свидетельствует о том, что основным фактором, от которого зависит работа мембран, является соблюдение норм качества воды, подаваемой на обработку. Производителями мембран к питательной воде, идущей на УОО, предъявляют требования, представленные в табл. 1 [3].

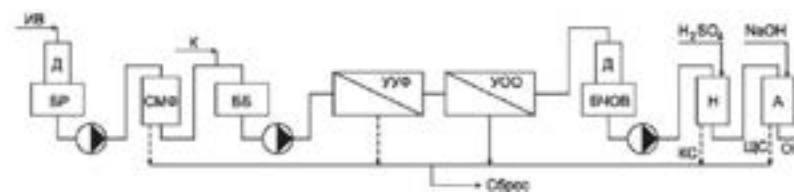
Таблица 1 – Требования к воде, поступающей на УОО

Показатель	Значение
Температура, °С	до 45
Концентрация свободного хлора, мг/л	до 0,1
Показатель рН во время работы	2-11
Показатель рН во время промывки	1-12
Концентрация железа, мг/л	до 0,1
Содержание органических веществ по общему органическому углероду (ТОС), мг/л	до 3
Концентрация марганца, мг/л	до 0,1
Мутность, NTH	до 0,1
Концентрация масел и нефтепродуктов, мг/л	до 0,1
Коллоидный индекс SDI	до 5

Анализ этих требований показывает, что нет ограничений на содержание солей, содержащихся в поверхностных водоисточниках, на работу в широком диапазоне показателя рН. Ограничивается лишь содержание тех веществ, которые могут привести к отравлению или забиванию мембран. Традиционные для водоподготовки показатели качества осветления воды

(концентрация взвешенных веществ, мутность по «кресту», прозрачность, цветность, окисляемость) не дают адекватного представления о взаимосвязи между производительностью мембран и загрязнением их поверхности и пор осадками взвешенных и коллоидных частиц. Фирмы– производители обратноосмотических элементов оценивают качество обрабатываемой воды, прежде всего, показателем SDI [3]. Предельно допустимое SDI – 5, а при значениях SDI от 3 до 5 производители относят такие воды к проблемным, устойчивая работа обратноосмотического элемента гарантируется при SDI<3.

Однако, опыт показывает, что в схемах с традиционной технологией предочистки, качество воды, поступающей на УОО, часто не отвечает требованиям по содержанию железа и окисляемости. Необходимое качество такой воды может быть достигнуто применением ультрафильтрации на стадии предочистки (рис. 1).



Д – декарбонизатор; БР – емкость разрыва струи; СМФ – самопромывные механические фильтры; ББ – буферные емкости; УУФ – узел ультрафильтрации; УОО – установка обратного осмоса; БЧОВ – бак частично обессоленной воды; Н – Н-катионитный фильтр; А – ОН-анионитный фильтр; КС – кислый сток; ЩС – щелочной сток.
Рисунок 1 – Схема комбинированной установки для подготовки глубоко обессоленной воды с применением ионообменной доочистки

Ультрафильтрация (УФ) позволяет не только получать воду, практически свободную от механических примесей, но и совместно с коагуляцией удалять значительное количество органики (до 60 % от исходного количества), а также кремниевую кислоту. В качестве примера можно привести результаты работы установки ультрафильтрации на Аксуской ГРЭС (источник водоснабжения – река Иртыш) (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты работы установки УФ

Показатели	Исходная вода	Фильтрат
Общая жесткость, мг-экв/л	0,7	0,7
Общая щелочность, мг-экв/л	0,6	0,012

Окисляемость, мгО ₂ /л	36,8	9,2
Концентрация хлоридов, мг/л	3,3	16
Содержание железа (общее), мг/л	1,93	0,085
Содержание алюминия, мг/л	–	0,016
Цветность	>80	25

Внедрение УФ на стадии предочистки значительно увеличило производительность обратноосмотических мембран, в несколько раз сократило частоту химических промывок, высвободило производственные площади, уменьшило расход коагулянта, обеспечило возможность отказа от извести.

Совместное использование ультраfiltrации и обратного осмоса дает возможность создать малореагентную систему водоподготовки для получения фильтрата с удельной электропроводностью на уровне 1–5 мкСм/см. В таких схемах дальнейшее доведение качества воды до нормативных значений обычно производится ионообменным (рис. 1) методом.

Надежность комбинированной мембранно-ионообменной установки (рис. 2) большая, поскольку даже при возможных нарушениях работы системы обратного осмоса, узел доочистки обеспечит заданное качество воды. Вместе с тем, сохраняется необходимость в использовании кислоты и щелочи, поэтому данная технология, хоть и в меньшей степени, имеет те же недостатки, что и традиционная. Такая технология применяется на Экибастузской ГРЭС, Аксуской ГРЭС, Павлодарской ТЭЦ-1 и т.д.

Основным недостатком всех мембранных систем является достаточно низкий коэффициент использования исходной воды. Если в традиционной ионообменной схеме с коагуляцией и механической фильтрацией собственные нужды составляют 10–20 %, то для типичного сочетания ультраfiltrации и обратного осмоса этот показатель 40–50 %. Однако следует учитывать, что концентраты от установок ультраfiltrации и обратного осмоса по соленосодержанию часто находятся в пределах нормируемых значений и могут быть беспрепятственно сброшены.

Комбинированные мембранно-ионообменные схемы, имеющие высокую степень экономической эффективности и надежности, являются оптимальным и рекомендуемым методом при реконструкции существующих ВПУ, где уже имеются ионообменные фильтры, реагентное хозяйство и системы сбора и нейтрализации стоков. Количество концентрированных сточных вод и расход реагентов в этом случае в десятки раз меньше, чем при чисто ионообменной схеме. Полученные сточные воды могут быть разбавлены до допустимых норм концентратом мембранных установок.

С точки зрения обеспечения минимального расхода реагентов и наивысшей экологичности при высоком качестве обессоленной воды наибольшую эффективность имеют комплексные ВПУ, состоящие исключительно из мембранных модулей различного назначения: ультра- и наноfiltrации, обратного осмоса, мембранной дегазации и электродеионизации, называемых в целом – интегрированные мембранные технологии (ИМТ) [3], [4].

В комплексной мембранной установке (рис. 2) вода доочищается на узле электродеионизации. Электродеионизация (ЭДИ, EDI) – это процесс непрерывного обессоливания воды с использованием ионообменных смол, ионоselectивных мембран и постоянного электрического поля.

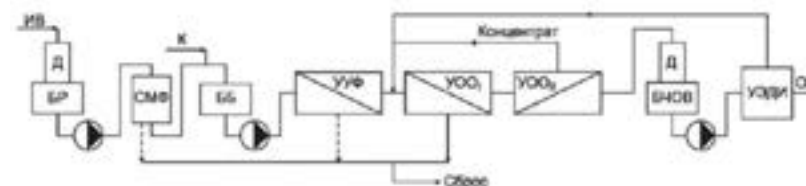


Рисунок 2 – Схема комплексной установки для подготовки глубоко обессоленной воды с применением доочистки электродеионизацией: УЭДИ – узел доочистки электродеионизацией

При степени использования исходной воды 90–95 % очищенная вода имеет удельную электропроводность на уровне 0,1 мкСм/см (табл. 3), а также минимальное кремнеcодержание и общий органический углерод. При этом солесодержание концентрата обычно ниже, чем солесодержание воды, подаваемой на установку обратного осмоса, поэтому он весь возвращается на вход этой установки на повторное использование.

Таблица 3 – Характеристики работы установок электродеионизации

Показатель	ЭДИ1	ЭДИ2	ЭДИЗ
Удельная электропроводность обрабатываемой воды, мкСм/см	2,5	2,5	2,5
Удельная электропроводность фильтра, мкСм/см	0,11	0,15	0,09
Производительность по фильтру, м ³ /ч	10	10	10
Расход концентрата, м ³ /ч	1,05	1,0	1,05
Перепад давления на входе и выходе, ата	1,9	1,3	0,7
Перепад давления фильтра и концентрата, ата	0,4	0,3	0,3

Напряжение, В	614	614	614
Сила тока, А	3	3	3

Все производители установок электродеионизации предъявляют очень высокие требования к воде, подаваемой на установку ЭДИ вне зависимости от ее конструкции (табл. 4).

Таблица 4 – Типичные требования производителей к питающей воде установок ЭДИ

Характеристика исходной воды	Значения
рН	5-9
Удельная электропроводность, мкСм/см	<20
Общая жесткость, мг/л CaCO ₃	<1,0
Общий органический углерод, мг/л	<0,5
Содержание свободного хлора, мг/л	<0,05
Содержание соединений Fe, мг/л	<0,01
Кремнесодержание (SiO ₂), мг/л	<1,0
Концентрация углекислого газа (CO ₂), мг/л	<5,0
Мутность, NTU	<1,0
Рабочая температура, °С	5–45
Входное давление, атм	0,7–5,0

Для повышения надежности работы комплексных мембранных систем водоподготовки на базе ИМТ требуется использование на стадии предварительного обессоливания двухступенчатого обратного осмоса. В этом случае качество воды, питающей установку электродеионизации, заведомо выше требований производителей и любые нарушения в работе установок обратного осмоса становятся не критичными. При ухудшении эффективности работы первой ступени (естественно в допустимых пределах) заданное качество гарантированно обеспечит вторая ступень.

Комплексная мембранная установка для подготовки глубоко обессоленной воды, выполненная в соответствии с данной схемой, обеспечивает минимальный объем отходов. Отпадает необходимость в кислотно-щелочном хозяйстве, снижаются эксплуатационные расходы и резко улучшаются экологические параметры.

Такие установки наиболее целесообразны для вновь строящихся объектов. Особенно это актуально для труднодоступных районов, куда

затруднен подвоз реагентов. Комплексная мембранная установка успешно эксплуатируется на Павлодарской ТЭЦ-1 [3].

Общим элементом во всех рассмотренных схемах обессоливания на основе мембранных методов является установка обратного осмоса. При эксплуатации водоподготовительной установки производительность постоянно меняется. Часто возникает значительное снижение производительности, связанное с остановом части теплоэнергетического оборудования или прекращения отдачи производственного пара потребителю, что ведет к проблеме обеспечения минимального расхода обрабатываемой воды через УОО.

При неполной загрузке основного оборудования блоков ПГУ-325 на Аксуской ГРЭС снижается потребность в обессоленной воде. Это обуславливает неполную загрузку УОО. Изначально на Аксуской ГРЭС было спроектировано и эксплуатировалось 2 параллельно работающих УОО (рис. 3, а). Во время простоя одной из УОО, она либо ставится на консервацию, либо ежедневно производится циркуляция воды по корпусам УОО для предотвращения возникновения отложений. Это приводит к дополнительным потерям и увеличению себестоимости обессоленной воды.

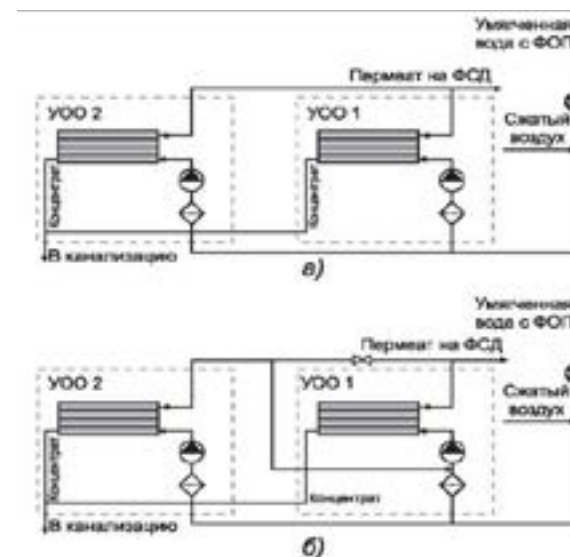


Рисунок 3 – Технологические схемы включения УОО: а) параллельное; б) последовательное

Поскольку реагенты, используемые для консервации УОО, имеют достаточно высокую стоимость, и периодически требуется подключение

второй установки обратного осмоса, то при работе одного из блоков консервация является неэффективным мероприятием.

Для предотвращения потерь, экономии химических реагентов для регенерации ФСД были предусмотрены мероприятия, позволяющие снизить дополнительные потери при простое оборудования: последовательное включение УОО 1 и УОО 2 в работу (рис. 3, б). Каждая установка включает 4 корпуса, также работающие по двухступенчатой схеме (рис. 4).

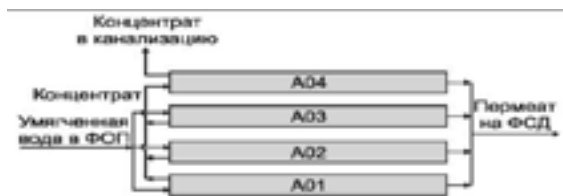


Рисунок 4 – Технологическая схема обработки воды на УОО №1, 2: АО1-АО4 – корпуса установки

При последовательном включении установок обратного осмоса (рис. 4) пермеат с УОО 2, работающей как I ступень, подается на УОО 1 (II ступень). При этом концентрат с УОО 2 сбрасывается в канализацию, а с УОО 1 смешивается с исходной водой, подаваемой на I ступень.

Исходная вода подается на установку обратного осмоса на корпуса АО1-АО3 (рис. 5), затем пермеат подается на ФСД, а концентрат подается на АО4, где также разделяется на пермеат и концентрат. Пермеат подается на ФСД, а концентрат сбрасывается в канализацию.

После предварительных расчетов в феврале 2012 г. были проведены промышленные испытания работы УОО 1 и УОО 2, включенных последовательно. Результаты расчетов приведены в табл. 5, на рис. 5 приведены результаты испытаний.

Таблица 5 – Результаты расчетов

Показатель	Известкование + коагуляция сульфатом железа		Коагуляция сульфатом алюминия
	при включении УОО в одну ступень	при включении УОО в две ступени	при включении УОО в две ступени
Производительность установки, м ³ /ч	18	18	18
Суммарный часовой расход воды, поступающей на УОО, м ³ /ч	22,06	21,96	21,96
Производительность осветлителя ВТИ-100, м ³ /ч	30,2	28,65	30,03

Фильтроцикл ФСД, м ³	21240	63720	63720
Расход кислоты на регенерацию, т/год	0,54	0,16	0,16
Расход щелочи на регенерацию, т/год	0,54	0,16	0,16

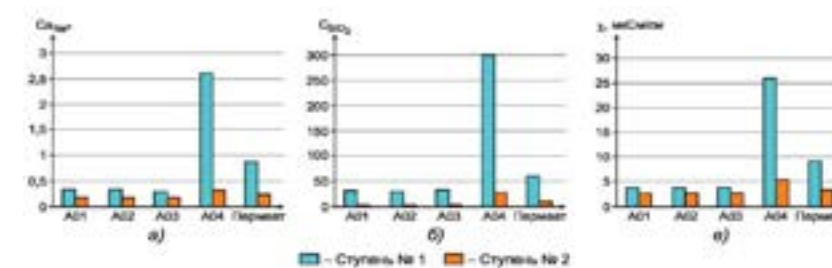


Рисунок 5 – Содержание ионов натрия (а), кремнекислоты (б) и удельная электропроводность в обработанной на УОО воде (в)

Полученные данные доказывают повышение качества обессоленной воды после второй ступени обработки на УОО. Содержание ионов натрия, кремнекислоты и электропроводность снижаются более чем в 3 раза, также снижается содержание соединений железа и хлоридов.

ВЫВОДЫ

Проследивая динамику изменения качества обессоленной воды, можно отметить, что двухступенчатое обессоливание на УОО не позволяет достаточно снизить значение электропроводности, однако, позволяет получить требуемые параметры качества воды по содержанию соединений кремнекислоты и натрия для добавочной воды для подпитки котлоутилизаторов. Повышение качества исходной воды для ФСД позволяет снизить ионную нагрузку на них более, чем в 3 раза, что приводит к значительному увеличению фильтроцикла, уменьшению количества воды, используемой на собственные нужды ВПУ, снижению потребности в кислоте и щелочи для регенерации. Следовательно, снижается экологический ущерб, наносимый окружающему среде.

Испытания с коагулянтном – сульфатом алюминия при двухступенчатой схеме работы установок обратного осмоса показали, что существует возможность улучшить качество воды, идущей на УОО, и повысить ресурс работы патронных фильтрующих элементов для УОО.

Таким образом, на отечественном энергетическом рынке появилось большое количество нового водоподготовительного оборудования с высокими экологическими характеристиками. Широкому внедрению их в

производство мешает отсутствие нормативной базы на их использование и противоречивый опыт эксплуатации головных установок на отечественных ТЭС, особенно для вод с повышенным содержанием органических веществ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ходырев, Б. Н., Кривчевцов, А. Л., Соколюк, А. А.** Исследование процессов окисления органических веществ в теплоносителе ТЭС и АЭС. // Теплоэнергетика. – 2010. – С. 11–16.

2 **Ларин, Б. М., Коротков, А. Н., Опарин, М. Ю.** Опыт освоения новых технологий обработки воды на ТЭС. // Теплоэнергетика. – № 8. – 2010. – С. 8–13.

3 **Пантелеев, А. А., Рябчиков, Б. Е., Жадан, А. В.** Проектные решения водоподготовительных установок на основе мембранных технологий. // Теплоэнергетика. – 2012. – № 7. – С. 30–36.

4 **Пантелеев, А. А., Жадан, А. В., Громов, С. Л.** Пуск системы водоподготовки ПГУ-410 на ТЭЦ. // Теплоэнергетика. – 2012. – № 7. – С. 37-39.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

A. G. Mataev¹, A. N. Berguzinov²

Павлодар облысының Ақсу қаласы жағдайында суды дайындаудың заманауи технологияларына талдау

^{1,2}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

A. Matayev¹, A. Berguzinov²

Analysis of water treatment modern technology in area of Aksu city, Pavlodar region, Kazakhstan

^{1,2}Faculty of Energy Engineering,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақалада суды дайындаудың схемалары мен түрлі технологиялары қарастырылады. Бұл мәселе қазіргі таңда жеткілікті өзекті, себебі отандық энергетика нарығында жоғары экологиялық сипаттамасы

бар судыдайындау құралдарының жаңа жабдықтары пайда болды. Қазіргі таңда өндірістерде қолданылып жатқан барлық судыдайындау саласындағы инновацияларға талдау жасалып жатыр. Олардың өндіріске кең өңдірілуіне олардың пайдалануының нормативтік базасының жоқтығы кедергі жасап тұр және отандық әсіресе Орталық пен Қазақстанның солтүстігіндегі жер үсті суларына тән құрамында органикалық заттар жоғары сулар үшін бас қондырғыларды ЖЭС-да пайдаланудың қарама-қайшы тәжірибесі кедергі болып тұр. Осыған байланысты дәстүрлі технологиялардың және тұзсыздандырудың жаңа жүйелерін құрудың қажеттілігі бар.

The questions, related to different schemes and technologies of water treatment are examined in this article. This issue is relevant today due to large quantity of new water treatment equipment with high ecological characteristics appearing in power engineering field in Kazakhstan. However, there is no regulatory system to control its wide implementation into production as well as contradictory experience of head units operation in heat power plants in Kazakhstan, especially for water with high concentration of organic substances that is typical for surface water in central and northern parts of Kazakhstan. Thus, it is necessary to improve the traditional technologies and design new desalination systems.

М. Е. Мухамедина¹, Ю. Ф. Булатбаева², Ф. Н. Булатбаев³

¹магистрант, Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

²доктор PhD, и.о. доцента, Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан;

³к.т.н., декан Факультета энергетики, автоматики и телекоммуникаций, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан

e-mail: ¹malika.mukhamedina@mail.ru; ²Julia_my_angel@mail.ru;

³felix4965@mail.ru

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ – КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В статье подробно рассматривается вопрос о повышении надежности электротехнического оборудования. Приводятся и анализируются факторы и дефекты, влияющие на нормальную работу оборудования и сохранение его эксплуатационных показателей. Описывается метод диагностирования событий, ведущие к отказам электротехнического оборудования.

Ключевые слова: надежность электроснабжения, коммутационное оборудование, диагностирование, исходное событие отказа

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетические системы, как и их элементы в процессе эксплуатации постоянно находятся под воздействием разнообразных внешних и внутренних факторов: неблагоприятные атмосферные явления, повышенная влажность, агрессивных сред, пыли, механических и электрических нагрузок и т.д. Под воздействием перечисленных факторов изменяются основные свойства материалов, приводящие к возникновению дефектов, отклонению от нормальной работы и даже к отказам. В связи с быстрым развитием и усложнением распределительных, конструкций

электротехнического оборудования и постоянным увеличением нагрузки, вопрос об обеспечении надежности работы систем электроснабжения был и остается актуальным. ГОСТ 27.002-89. Определяет надежность, как «Способность объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах» [1].

К перечисленным свойствам электрической системы, для подробного изучения и анализа надежности необходимо рассматривать показатели надежности. Под показателями надежности понимается количественная характеристика одного или несколько свойств систем электроснабжения составляющих ее надежность. Основные показатели надежности подразделяют на структурную и функциональную для упрощения ее анализа и методов оценки. Такое подразделение также помогает более точно определить мероприятия по изменению уровня ее состояния [2].

Исследования различных авторов, чьи работы стали основополагающими в области теории надежности стали труды А. И. Берга, Н. Г. Бруевича, А. М. Половко, Ю. Б. Гука. В основных работах указывается методы увеличения надежности распределительных систем, основные из них: создание рациональных схем для станций и подстанций, оптимальное насыщение сети автоматическими устройствами и устройствами автоматического включения резерва (АВР), оборудование устройствами регулирования и компенсации реактивной мощности для потребителей, оснащение подстанций устройствами телеизмерения и телемеханизации, компьютерной автоматизацией оперативного переключения в сложных сетях, совершенствованием релейной защиты и автоматизации. Однако в последних исследованиях показано, что хорошие перспективы повышения, как надежности, так и общей эффективности распределительных систем и ее элементов открываются в направлении совершенствования их технического обслуживания в процессе эксплуатации. Для решения данных вопросов разрабатываются методы, обеспечивающие качественную и точную оценку фактического состояния объекта или системы, прогнозирование его изменения и оперативный поиск возможных дефектов и способов их устранения, что составляет предмет исследования технической диагностики [3].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Диагностирование определяется процессом обследования технического состояния объекта или системы. Его принцип состоит в проверке и анализа показателей и параметров рассматриваемого объекта на соответствие заданным для него техническим требованиям. Во время эксплуатации

процесс диагностирования объекта проводится для определения состояния и возможность нахождения его в одном из двух состояний – работоспособном или неработоспособном и возможность перехода из одного состояния в другое. В случае диагностики на соответствие техническим требованиям производится проверка только на некоторые признаки, характеризующие свойства объекта, то есть диагностические признаки. Данная проверка основывается на анализе характера реакции объекта на управляющие и возмущающие воздействия во всех возможных режимах его функционирования [3].

Предлагаемая методика является дополнением к существующим моделям и традиционным методам расчета показателей надежности, и предлагает применять при анализе имеющуюся статистику отказов и повреждений. Поскольку повреждения оборудования в основном проявляются в работе или могут быть обнаружены при осмотре, техническом обслуживании и ремонте, то это считается ничем иным как предпосылкой отказа, или исходным событием отказа. Данное понятие характеризуется запасом надежности, заложенным непосредственно в поврежденный элемент или узел оборудования или непосредственно в объект в целом. Примеры таких событий подразделяют на три категории: первичный отказ, вторичные отказы, ошибочные команды. Когда определен точный вид события, провоцирующий отказ и данные по нему получены, и оно в рассматриваемой системе является критическим, то данное событие принимается как исходное отказа [5].

Под первичными отказами элемента понимают его нерабочее состояние, вызванное собственной утратой требуемых характеристик. Для данного типа отказа необходимо выполнить ремонтные работы для возвращения элемента в рабочее состояние. Первичные отказы происходят при входных воздействиях, значение которых находится в пределах, лежащих в расчетном диапазоне, а отказы объясняются естественным старением элементов. Износ дугогасительных камер вследствие старения (усталости) материала служит примером первичного отказа.

Вторичный отказ по характеристикам идентичен с первичным, за исключением того, что сам элемент не является причиной отказа. Причины вторичных отказов является влияние воздействий предыдущих или текущих избыточных напряжений на элементы. Показатели и технические характеристики продолжительного воздействия этих напряжений могут выходить за пределы допускаемых значений или иметь обратную полярность и вызываются различными источниками энергии: термической, механической, электрической, химической, магнитной, радиоактивной и т.п. Данный вид отказа является причиной воздействия соседних элементов или

окружающей средой, например – атмосферными воздействиями (ливень, ветровая нагрузка), геологическими условиями (оползни, просадка грунтов), а также воздействием со стороны других технических систем и ее элементов.

Инициированные отказы, или ошибочные команды – отказы, произошедшие вследствие ошибочных действий операторов и обслуживающего технического персонала, что приводит к выходу элементов из строя. Ошибочные команды представляются в виде элемента, находящегося в нерабочем состоянии из-за неправильного сигнала управления или помех. Также при инициированных отказах не всегда требуется ремонтные работы для возвращения вышедшего из строя элемента в рабочее состояние. Для самопроизвольные сигналы управления или помехи характерно отсутствие последствий или серьезных повреждений, и в нормальных последующих режимах элементы работают в соответствии с заданными требованиями. Одним из примеров ошибочных команд являются: «напряжение приложено самопроизвольно к обмотке реле», «переключатель случайно не разомкнулся из-за помех», «ошибочно вызвали ложный сигнал на переключение/отключение/включение» [6].

Для проверки метода диагностирования рассматриваются показатели и характеристики высоковольтных выключателей разъединители на понижающей подстанции, в течение года [7]. Выключатели и разъединители имеют следующие показатели надёжности:

- интенсивность отказов $\lambda = 0,001-0,015$;
- среднее время восстановления $t_{\text{в}} = 6-14$ ч;
- плановое время ремонта $t_{\text{пл}} = 2-8$ ч/год;
- частота плановых ремонтов $\lambda_{\text{пл}} = 0,2-0,5$.

Таблица 1 – Исходные событий отказов наблюдения

Вид отказа	Исходное событие отказа	Коэффициент влияния, K_n	Количество событий, N
Первичный отказ	Пробой и дефекты изоляции	1	26
	Естественное старение	1	13
	Дефекты контактных соединений	0,5	10
	Повреждения во вторичных цепях	0,6	25
	Износ дугогасительных камер	0,8	12

Вторичный отказ	Обледенение и разрегулирование	0,9	18
	Отказ привода	0,8	29
	Ложное срабатывание релейной защиты	0,5	32
	Загрязнение и увлажнение изоляции	0,7	28
	Повреждение подшипников изоляции	1	34
Ошибочные команды	Ошибки персонала	0,7	16
	Некачественные ремонтно-монтажные работы	0,75	25

Физический смысл коэффициента влияния исходного события отказа следующий. Каждое исходное событие отказа, как указывалось ранее, в определённой степени приводит к отказу объекта. Данный коэффициент описывает степень влияния исходного события отказа на объект. Т.е., чем выше значение K_n для исходного события отказа, тем больше вероятность отказа объекта от этого события.

Диапазон изменения $K_n = 1 \div 0$. Где 1 – максимальное влияние на надежность (отказ объекта), 0 – минимальное (отсутствие влияния как такового). Оценка K_n для каждого вида исходного события отказа осуществляется опытными экспертами из числа эксплуатирующих и ремонтных служб станций и подстанций [4].

Значение вероятности возникновения исходного события отказа $P_m^{ИСО}$ определяется в зависимости от принятого закона распределения случайной величины согласно РД 50-690-89 «Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным».

При расчете данного показателя следует обосновать закон распределения случайной величины, который зависит от статистики рассматриваемого исходного события отказов, особенностей эксплуатации и технического обслуживания объекта и особенностей его возникновения.

Следует обратить внимание на то, что $P_m^{ИСО}$ есть вероятность того, что исходное событие отказа номер m произойдет.

Поскольку все исходные события отказов есть независимые события, условная вероятность отказа элемента n есть сумма условных вероятностей отказа этого элемента от каждого исходного события:

$$P = P_1 \cdot K_1 + P_2 \cdot K_2 + \dots + P_n \cdot K_n \quad (1)$$

где P – вероятность отказа объекта;

K_n – коэффициент влияния;

Вероятность отказа сложного объекта есть функция вектора вероятностей отказов его элементов:

$$P = F \left(\begin{bmatrix} k_1^1 & \dots & k_n^1 \\ \dots & \dots & \dots \\ k_1^m & \dots & k_n^m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_1^{ИСО} \\ \dots \\ P_m^{ИСО} \end{bmatrix} \right) = F \left(\begin{bmatrix} P_1^{\varnothing} \\ \dots \\ P_n^{\varnothing} \end{bmatrix} \right) \quad (2)$$

где P_n^{\varnothing} – вероятность отказа элемента;

k_n^m – коэффициент влияния исходного события отказа на элемент;

$P_m^{ИСО}$ – вероятность возникновения исходного события отказа номер;

F – функция зависимости вероятности отказа объекта от отказов его элементов [8].

Если элементы (узлы) имеют параллельную связь (резервирование), то вероятности перемножаются. Если связь последовательная (нет резервирования), то вероятности суммируются.

Таблица 2 – Результаты расчетов показателей надежности.

Исходное событие отказа	Вероятность ИСО, P_n	Условная вероятность, P'_n
Пробой и дефекты изоляции	54,6E-07	54,6E-07
Естественное старение	54,6E-07	54,6E-07
Дефекты контактных соединений	25,7E-07	25,7E-07
Повреждения во вторичных цепях	34,2E-07	34,2E-07
Износ дугогасительных камер	48,4E-07	48,4E-07
Обледенение и разрегулирование	52,5E-07	52,5E-07
Отказ привода	50,9E-07	50,9E-07
Ложное срабатывание релейной защиты	25,7E-07	25,7E-07
Загрязнение и увлажнение изоляции	32,0E-07	32,0E-07
Повреждение подшипников изоляции	54,6E-07	54,6E-07
Ошибки персонала при коммутациях	32,0E-07	32,0E-07
Некачественные ремонтно-монтажные работы	32,8E-07	32,8E-07

Расчет интенсивности отказов:

$$\lambda = - \frac{\ln(1 - P(12))}{12} = 1 - 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ 1/год.}$$

ВЫВОДЫ

В эффективность применения методики диагностирования электротехнического оборудования в процессе эксплуатации систем электроснабжения можно убедиться в сравнительном анализе значений показателей надежности систем электроснабжения при действующих стратегиях технического обслуживания и ремонта с показателями результатов при введении постоянного или периодического диагностирования электротехнического оборудования.

Исследование показывает, что принимая во внимания диагностирование данных полученных со статистического анализа дефектов и факторов, влияющих на возможность оборудования работать в нормальном режиме и сохранять свои эксплуатационные показатели, позволяет более качественно решать вопросы ремонта, технического обслуживания и управления ресурсом работы оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Савоськин, Н. Е.** Надежность электрических систем. Учебное пособие. – Пенза : Издательство Пензенского государственного университета. – 2004. – 102 с.

2 **Слышалов, В. К.** Основы расчета надежности систем электроснабжения: учебное пособие. – Иваново. /ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина». – 2012. – 80 с.

3 **Гуменюк, В. М.** Надежность и диагностика электротехнических систем : учебное пособие для вузов. – Владивосток : Издательство Дальневосточного государственного технического университета, 2010. – 218 с.

4 **Ершов, С. В., Демьянов, Д. В.** Построение математических моделей надежности системы электроснабжения предприятия // Журнал «Известия ТулГУ. Технические науки». – 2017. – Вып.12. – 8 с.

5 **Анищенко, В. А., Колосова, И. В.** Основы надежности электроснабжения. – Минск : Белорусский национальный технический университет. – 2007. – 152 с.

6 **Сафонов, В. И., Лонзингер, П. В.** Надежность систем электроснабжения. – Челябинск : Южно-Уральский государственный университет, 2014. – 95 с.

7 **Сульниенков, И. Н.** Совершенствование модели отказов выключателей распределительных устройств 35–750 кВ. – Иваново : «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина», – 2013. – 20 с.

8 **Мензул, А., Григорьева, В.** Расчет показателей надежности оборудования с нечетким понятием отказа. – Обнинск : Ровенская АЭС, 2002.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

М. Е. Мухамедина¹, Ю. Ф. Булатбаева², Ф. Н. Булатбаев³

Диагностикалау – электр энергетикалық жүйелердегі электр техникалық жабдықтардың сенімділігін арттыру әдісі ретінде

^{1,2,3}Энергетика, автоматика және теле байланыс факультеті,

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,

Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

M. E. Mukhamedina¹, Y. F. Bulatbayeva², F. N. Bulatbayev³

Diagnostics – as a method to improve the reliability of electrotechnical equipment in electric power systems

^{1,2,3}Faculty of Power Engineering, Automation and Telecommunications,

Karaganda State Technical University,

Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақалада электрлік жабдықтардың сенімділігін жоғарылату мәселесі толығырақ қарастырылады. Жабдықтың қалыпты жұмысына және оның жұмысының сақталуына әсер ететін факторлар мен кемшіліктер ұсынылып, талданады. Электрлік жабдықтардың бұзылуына әкелетін оқиғаларды диагностикалау әдісі сипатталған.

The article discusses in detail the issue of improving the reliability of electrical equipment. Factors and defects affecting the normal operation of the equipment and the preservation of its performance are presented and analyzed. A method for diagnosing events leading to electrical equipment failures is described.

К. К. Нуkenов

магистр, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: nukenov_kuanysh@mail.ru

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ КАК СПОСОБ СНИЗИТЬ ЗАТРАТЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

В данной статье исследуются различные стратегии управления системой солнечного нагрева и горячей воды в сочетании с тепловым насосом. Цель состоит в том, чтобы свести к минимуму количество электроэнергии, используемой для отопления и горячей воды. В Казахстане здания потребляют значительную долю в первичной энергии, и правительство обязалось до 2020 года генерировать 20 % энергии страны из возобновляемых источников. В документе рассматривается система отопления для небольшого жилья, для которой выведена модель динамического сосредоточенного параметра. Целью контроллера является снижение затрат на электроэнергию за счет оптимизации работы теплового насоса, интеграции имеющейся солнечной энергии и смещения потребления электроэнергии на более дешевый тариф в ночное время. Три типа контроллеров тестируются в двух разных условиях окружающей среды: простой контроллер включения-выключения, набор классических контроллеров ПИ и многопроцессорный интеллектуальный контроль (МИК). Как контроллеры, так и пропорциональные интегральные (ПИ) контроллеры имели возможность поддерживать цистерны и комнатную температуру до желаемых заданных температур, но не использовали электричество в ночное время. Результаты показали, что модельный интеллектуальный контроллер работает лучше всего. Это снижает стоимость энергии и использует дешевое электричество в ночное время (сдвиг нагрузки) путем хранения тепловой энергии в нагревательном баке.

Ключевые слова: модель интеллектуального контроля, тепловой насос, стратегии управления, смещение нагрузки, солнечная энергия.

ВВЕДЕНИЕ

На внутренний сектор множество стран приходится более четверти общего потребления энергии. Это использование энергии может быть уменьшено за счет более эффективных строительных операций. Энергоэффективность может быть улучшена за счет лучшего контроля отопления в домах, на которые приходится большая часть общего потребления энергии. Потребление энергии может быть снижено за счет использования возобновляемых источников энергии, что также поможет выполнить свои задачи по сокращению выбросов углекислого газа и выработке чистой энергии. Контроль за строительством вызвал значительный интерес у исследователей, и были исследованы значительно улучшенные способы управления стратегиями для систем отопления и горячего водоснабжения. Это интенсифицированное исследование связано с тем, что системы отопления представляют значительную долю нашего основного потребления энергии для удовлетворения теплового комфорта и критериев качества воздуха в помещениях. Достижения в области вычислительного контроля и исследований в области теории расширенного управления позволили внедрить передовые контроллеры в приложениях управления зданием.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Система управления отоплением является сложной проблемой из-за нелинейности в системе и широкого диапазона условий эксплуатации, при которых система должна функционировать. В этом исследовании была разработана модель двухзонного здания для оценки эффективности различных стратегий управления. Два традиционных (встроенные и пропорциональные интегральные контроллеры) и одна передовая стратегия управления (модельный интеллектуальный контроллер) были применены к солнечной системе отопления в сочетании с тепловым насосом. Здание было смоделировано с использованием сосредоточенного подхода, и были разработаны различные методы для получения подходящей модели для теплового насоса источника воздуха. Целями управления были снижение затрат на электроэнергию за счет оптимизации работы теплового насоса, интеграции имеющейся солнечной энергии, смещения потребления электроэнергии на более дешевый ночной тариф и улучшение теплового комфорта для пассажиров. Для тестирования указанных контроллеров были смоделированы различные климатические условия. Оба регулятора «включено-выключено» и «ПИ» имели возможность поддерживать температуру в резервуаре и в помещении до желаемых значений заданной температуры, однако они не использовали электричество в ночное время.

В этом тезисах разработаны PI-контроллер и модельный предсказательный контроллер (МПК), основанный на тепловом комфорте. Прогнозируемое среднее голосование (РСГ) использовалось для целей контроля, и оно было смоделировано с использованием комнатных воздушных и лучистых температур в качестве изменяющихся параметров при допущении других параметров в качестве констант. ПДК хорошо справился с нарушениями и ситуациями. Тепловая энергия также хранилась в ткани, используя более низкие тарифы на электроэнергию в ночное время. Это исследование также исследовало проблему несоответствия модели и ее влияние на результаты предсказания ПДК. MPC хорошо зарекомендовал себя, когда не было несоответствия в модели MPC и имитационной модели, но она боролась, когда возникло несоответствие. Генетический алгоритм (GA), известный как генетический алгоритм сортировки, не являющийся доминирующим (NSGA II), использовался для решения двух разных объективных функций, а смешанная цель из области приложения привела к слегка превосходящим результатам. Общие результаты показали, что MPC лучше всего работает, обеспечивая лучший тепловой комфорт, потребляя меньше электроэнергии и улучшая использование дешевого ночного электричества за счет смещения нагрузки и хранения тепловой энергии в отопительном баке. После использования модельного прогнозирующего контроллера стоимость энергии была снижена.

Быстрое увеличение использования энергии в мире является одной из основных проблем современного общества. Это использование энергии имеет высокие экологические последствия, такие как истощение озонового слоя, глобальное потепление, изменение климата и т. д. На долю зданий приходится почти 40 % конечного потребления энергии в мире. В европейских странах 70 % этой энергии направляется на управление комфортом в зданиях – для отопления, вентиляции, и кондиционирования (ЭИА, 2008). Вся энергия в древесине, нефть и природный газ изначально производились с помощью фотосинтеза и сложных химических реакций. Ископаемое топливо является результатом химических реакций в разлагающейся растительности при высоких температурах и давлениях в течение длительных периодов времени. Правительство стран ЕС намерено до 2020 года предоставить 15 % своего спроса на энергию из возобновляемых источников. Солнечная энергия, с другой стороны, чиста и может поставляться без загрязнения. Существуют различные источники возобновляемой энергии, которые могут быть использованы для генерирования энергии, например. солнечная энергия, энергия ветра, энергия приливов, биомасса и т. д. Фотоэлектрические массивы могут использоваться для выработки электроэнергии из солнечной энергии, и они могут быть подключены к основной сетке. Солнечные

домашние системы также доступны для производства электроэнергии для дома. Эта система состоит из массивов PV, перезаряжаемой батареи и контроллера заряда. Кинетическая энергия ветра может быть захвачена с помощью ветровых турбин, и тогда эта кинетическая энергия может быть преобразована в механическую энергию, а затем в электрическую. Солнечные коллекторы имеют широкий спектр применений, таких как солнечное водонагревание, обогрев и охлаждение помещений, солнечное охлаждение, солнечные тепловые электростанции, солнечное опреснение и т. д. В солнечных водонагревательных системах основным компонентом является солнечный коллектор, который поглощает энергию и передает это к рабочей жидкости. Интегрированные коллекторные системы используют часть резервуара в качестве солнечного коллектора. Недостатком этой системы является тепловые потери из резервуара [2]. Системы солнечной энергии могут использоваться для производства горячей воды. В этом приложении теплообменник используется между солнечным коллектором и резервуаром для горячей воды, что позволяет использовать растворы антифриза в петле солнечного коллектора [1]. Тепловой насос – это устройство, которое передает тепловую энергию от источника низкой температуры к высокотемпературному раковине. Использование теплового насоса для отопления помещений и горячей воды 2 поколения набирает популярность изо дня в день из-за низкого потребления энергии по сравнению с другим оборудованием. Тепловой насос работает лучше всего при низких температурах, когда коэффициент производительности (COP) выше и требуемая энергия низкая [3]. Солнечное излучение недоступно в ночное время. Поэтому солнечные коллекторы можно комбинировать с тепловым насосом таким образом, чтобы во времена низкой солнечной радиации вместо этого использовался тепловой насос. Тепловой насос также может воспользоваться более низкими тарифами на электроэнергию в ночное время в сочетании с тепловым хранилищем. Основная идея разработки стратегии оптимального управления в этой работе заключается в том, что стратегия управления может прогнозировать внешние погодные условия и модели занятости в здании. Стратегия также прогнозирует любой жаркий солнечный день в будущем и может использовать максимальную свободную энергию в течение дня, то есть солнечной энергии, а также может прогнозировать цены на электроэнергию и использовать электричество в течение ночи.

Система управления является одним из ключевых компонентов любой системы ОВК (отопление, вентиляция и кондиционирование), и она имеет решающее значение для хорошей энергетической эффективности здания. Также признано, что системы отопления сложнее контролировать из-за колебаний в изо дня в день и от сезона к сезону, а также от требований к

тепловому комфорту. Система отопления здания всегда представляет собой компромисс между тепловым комфортом пассажиров и потреблением энергии. Если высокий уровень теплового комфорта поддерживается всегда, тогда стоимость энергии будет высокой; и если потребление энергии минимизировано, то тепловой комфорт должен быть принесен в жертву. Интеллектуальная система может попытаться сэкономить энергию в периоды низкой занятости, что значительно снижает негативное влияние на тепловой комфорт. Существуют различные стратегии контроля, которые используются для систем с возобновляемыми источниками энергии. Классические методы управления используют обратную связь с одним входным одиночным выходом, не требуя модели системы, например, термостат контролирует температуру в помещении. Такой метод управления прост в применении и может быть полезен для широкого спектра возобновляемых систем. Однако эти методы контроля ограничены, и их трудно распространить на многомерные системы без значительного опыта. В последние годы были разработаны дополнительные контроллеры, которые стараются повысить эффективность со сложными и нелинейными системами и сделать их доступными для инженеров без контроля более 3. Среди этих методов управления – методы прогнозирования и нечеткой логики. Управление нечеткой логикой основано на трех основных частях: фаззирования, правила и дефаззирования. Недостатком этого контроллера является то, что имеется несколько рекомендаций относительно того, как устанавливать правила значений фаззификации [3]. Модельный интеллектуальный контроллер (МИК) использует модель системы для прогнозирования будущей динамики системы. Эта информация затем используется контроллером, чтобы найти лучший ход управления. Контроллер использует информацию о прошлых входах и выходах наряду с оценкой текущих и будущих нарушений [2]. На этапе разработки возобновляемой энергии обычно создается системная модель для оценки потенциальных характеристик системы. Эта модель затем может использоваться модельным интеллектуальным контроллером, что дает веские основания применять МИК. Другая причина заключается в том, что МИК может быть реализован и настроен без дополнительного знания теории управления. Этот тип контроллера отлично справляется с внешними помехами и может справляться с системными ограничениями. Однако эти преимущества необходимо детально изучить, чтобы убедиться в том, что этот контроллер является выполнимым и обеспечивает экономически эффективное управление системами с возобновляемыми источниками энергии.

Чтобы идентифицировать эталонные характеристики для стратегии управления, основанной на комфорте, был разработан обычный подход.

Традиционная стратегия управления была основана на регуляторе пропорционального плюс интеграла (PI). Данные о погоде, используемые для симуляций, были холодным днем между двумя частично пасмурными днями.

Результаты первого случая моделирования показаны на рис. 1 и рис. 2. В начале моделирования тепловой насос оставался выключенным из-за более высоких температур бака. Нарушение условий окружающей среды (температура и солнечная радиация), внутренние тепловыделения и диаграммы заполняемости выступали в качестве нарушений. На каждом временном шаге контроллер ПИ сравнивал текущую температуру в помещении с эталонной температурой, и полученная ошибка была применена к контроллеру. Контрольные точки 18 °C и 22 °C были использованы для температуры воздуха в спальне и в помещении. В течение незанятого периода в качестве эталонной температуры использовали температуру 13 °C.

Температура резервуаров на 1 оставалась почти постоянной после 9 часов дня. Некоторые небольшие капли можно увидеть в температурах резервуаров, а затем сигнал теплового насоса был увеличен контроллером, чтобы поддерживать его в контрольном значении. На рисунке 5–7 (а) показано, что контроллер смог поддерживать температуру воздуха до заданных значений в течение периода занятости. Наблюдалось более сильное падение температуры зала в течение незанятого периода по сравнению с температурой в спальне из-за наличия окна. Потери тепла были больше в зале, чем в спальне. Температура зала во второй половине дня 2 заняла время, чтобы достичь контрольной температуры из-за низких излучений и более высоких потерь в зале. ПИ не использовал электричество в ночное время, чтобы получить более дешевые электрические тарифы в ночное время и хранить энергию. В целом, ПИ-регулятор хорошо работал с точки зрения поддержания температуры до желаемых значений.

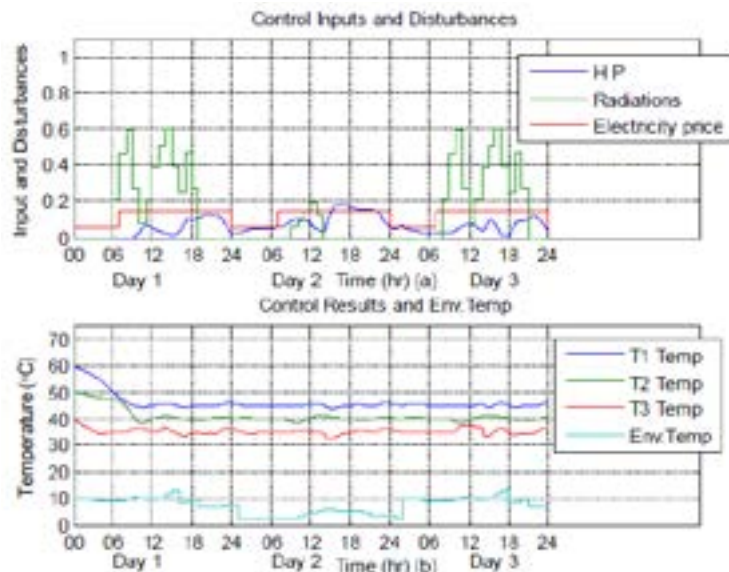


Рисунок 1 – Управляющие входы и температура в баке

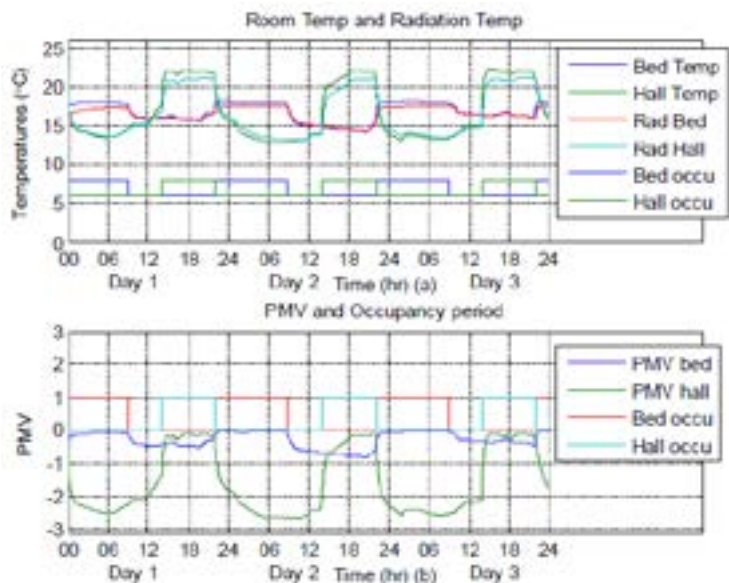


Рисунок 2 – Комната температуры и ПСГ

Возможность разработки оптимальной стратегии управления солнечной системой отопления в сочетании с тепловым насосом. Согласно Тордорову, 2006, стратегия оптимального управления – это метод на основе модели, который решает управляющий сигнал, делающий процесс удовлетворительным физическим ограничениям и в то же время минимизирует / максимизирует определенные критерии эффективности.

Это приводит к следующим целям:

- Симуляционная модель системы, здания и управления будет разработана как испытательный стенд для анализа различных стратегий управления;
- Проектирование многопроцессорного интеллектуального контроллера;
- Бенчмаркинг модельного прогнозирующего контроллера с контроллерами включения-выключения и пропорционально-интегрального (ПИ);
- Проектирование прогнозирующего контроллера модели на основе теплового комфорта для обеспечения лучшей тепловой комфорт пассажирам;
- Использование генетического алгоритма для изучения компромисса между термическими комфорта и энергопотребления;
- Сравнение различных методов управления с точки зрения смещения нагрузки, стоимость энергии, тепловой комфорт и реагирование на изменения окружающей среды.

ВЫВОДЫ

Основная цель использования систем возобновляемых источников энергии и сокращения выбросов углекислого газа заставила задуматься о других вариантах энергии. В этой статье представлен общий вид климатического состояния. Цели правительства по сокращению выбросов углерода также могут быть достигнуты за счет более эффективного контроля над строительными системами. Прогностический контроль модели – это алгоритм управления, который используется для управления очень простыми, а также очень сложными задачами. Это включает системы с большим временем задержки, неустойчивые системы. Прогнозирование модели (ПМ) очень легко справляется с многопараметрической задачей. ПМ продемонстрировал очень многообещающие результаты в управлении различными солнечными и кондиционирующими установками. ПМ будет использоваться для управления солнечным тепловым насосом и системами РСМ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Хэнц, Д., Фельсманн, К., Кнэйб, Д. Оценка оптимального управления активными и пассивное тепловое хранилище зданий // Международный журнал термических наук. – 2004. – С. 4–7.

2 Масъеджовски, Д. Предиктивный контроль с ограничениями – 2001. – С. 4–6.

3 Даффи, Д., Бэкман, В. Термальный процесс солнечной энергии. – Вайли, Нью-Йорк. – 1991. – С. 3–6.

4 <https://opticontrol.ee.ethz.ch/>

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

К. К. Нуkenov

Күн энергиясы және жылу сорғысы комбинациялау тәсілі ретінде энергия шығындарын төмендету

Энергетика факультеті,

С. Торайғырова атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

К. К. Nukenov

Combined system of solar energy and thermal pumps as to how to reduce emissions to electric power

Faculty of Energy Engineering,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Жаңартылатын энергетикалық жүйелерді пайдаланудың және көміртегі диоксиді шығарындыларын азайтудың негізгі мақсаты басқа энергия көздері туралы ойлануға себеп болды. Бұл мақалада климаттың жалпы көрінісі берілген. Көміртек шығарындыларын азайту жөніндегі үкіметтің мақсаттары құрылыстық жүйелерді тиімді басқару арқылы қол жеткізуге болады. Модельді болжамды бақылау өте қарапайым және өте күрделі тапсырмаларды басқару үшін пайдаланылатын басқару алгоритмі. Бұл жоғары кешігу жүйелерін, тұрақсыз жүйелерді қамтиды. Болжалды модель (БМ) көп функциялы тапсырманы орындау өте оңай. Премьер түрлі күн және ауа баптау қондырғыларын басқаруда өте перспективалы

нәтижелер көрсетті. БМ күн жылу сорғыны және күн жүйелерін басқару үшін қолданылады.

The main purpose of using renewable energy systems and reducing carbon dioxide emissions has led to think about other energy options. This article presents a general view of the climate. Government targets for reducing carbon emissions can also be achieved through more effective control over building systems. Predictive control of the model is a control algorithm that is used to manage very simple, as well as very complex tasks. This includes high latency systems, unstable systems. Prediction model (PM) is very easy to cope with a multiparameter task. PM showed very promising results in the management of various solar and air-conditioning installations. PM will be used to control solar heat pump and PCM systems.

Е. В. Приходько¹, А. Т. Дуйсекенова²

¹к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹john1380@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В настоящей статье производится анализ критериев надёжности работы парового котла. Для барабанного парового котла БКЗ-420 произведён расчёт критериев надёжности работы на основе статистической информации за 2017 год, проведён анализ полученных значений и сравнение с литературными источниками. Общие технические требования к надёжности новых котлов по коэффициенту готовности для пылеугольных котлов, работающих на Экибастузских углях не менее 97,0; со средней наработкой на отказ не менее 3800 часов. Каждый год коэффициент готовности котла снижается в среднем на величину от 1,0 до 1,5 %. Таким образом, показатели надёжности котла можно оценить как высокие. При этом, такой показатель, как частота отказов даже ниже, чем приводимый в литературе.

Ключевые слова: надёжность, коэффициент готовности, отказы, авария

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на тепловых электрических станциях эксплуатируется большой процент оборудования, установленного в 60-80-е годы прошлого века. Но, несмотря на его солидный возраст, ещё не исчерпаны в полной мере ресурсы по повышению его надёжности и эффективности эксплуатации.

Надёжность, исходя из классического определения – это свойство объекта выполнять требуемые функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования. Энергетика имеет значительное отличие от других отраслей производства, связанное с надёжностью функционирования оборудования. Непрерывная работа оборудования при выдаче энергии номинальных параметров – главная цель функционирования энергетики, при этом, на второй план отходят вопросы экологии, экономики и др. В

связи с чем, вопросы надёжной и безаварийной работы энергетического оборудования являются важным вопросом, решение которого невозможно без определения показателей надёжности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Надёжность энергетического агрегата представляется следующими основными показателями:

- коэффициентом готовности k_r ;
- временем наработки на отказ T_0 , ч или частотой отказов ω , 1/год;
- временем восстановления T_B , ч.

Коэффициент готовности k_r характеризует способность высокотемпературного агрегата непрерывно функционировать при его правильной эксплуатации. Коэффициент готовности – это отношение времени безотказной работы к сумме времени такой работы и времени простоя в вынужденных отказах, взятым за один и тот же календарный срок (как правило, за год):

$$k_r = T_1 / [T_1 + T_2],$$

где T_1 – суммарная продолжительность работы, ч;

T_2 – продолжительность простоя в вынужденных отказах, ч.

Время наработки на отказ – это технический параметр, характеризующий надёжность восстанавливаемого агрегата, то есть показывает среднюю продолжительность работы устройства между отказами, или какая наработка в среднем приходится на один отказ:

$$T_0 = \sum t_i / m$$

где t_i – наработка до наступления отказа i ;

m – число отказов.

Частота отказов элементов оценивается числом повреждений (выходом из строя) элементов в единицу времени и определяется как отношение числа отказавших элементов n_0 за период Δt к общему числу однотипных элементов n :

$$\omega = \frac{n_0}{n \cdot \Delta t} = \frac{8760}{T_0} = 8760 \cdot \lambda$$

Время восстановления – время, затрачиваемое на восстановление работоспособности агрегата.

Все приведённые выше показатели надёжности являются средними показателями работы агрегатов, характеризующих статистические данные за

определённый период. Исходя из этих показателей, можно ориентироваться на промежуток времени до очередного вывода в ремонт, планируя работу предприятия. То есть на основании показателей надёжности можно оценить остаточный ресурс оборудования – срок, до прогнозируемого предельного состояния.

Кроме вышеперечисленных показателей важными характеристиками являются также [1]:

– расчетный срок службы. Расчетный срок службы установки и входящего в нее оборудования должен быть не менее 40 лет, кроме отдельного оборудования и элементов оборудования, перечень и сроки службы которых установлены в стандартах или в тех. условиях на конкретное оборудование.

– расчетный ресурс элементов, работающих при температуре, соответствующей области ползучести металла. Расчетный ресурс оборудования, входящего в состав установки и работающего с расчетной температурой, соответствующей области ползучести металла, должен составлять не менее 200000 ч, кроме элементов, оговоренных в стандартах и в тех. условиях на отдельное оборудование.

– установленный срок службы между капитальными ремонтами. Установленный срок службы между капитальными ремонтами для основного оборудования должен быть не менее 5 лет. При этом, для пылеугольных котлов энергоблоков мощностью 800 МВт и котлов энергоблоков мощностью 500 МВт, работающими на углях с зольностью $A^p=50$ % и более (типа экибастузских) срок службы между капитальными ремонтами устанавливается не менее 4 лет.

– удельная суммарная продолжительность ремонтов на один год ремонтного цикла. Удельную суммарную продолжительность плановых ремонтов основного оборудования установки на 1 год ремонтного цикла устанавливают после проведения капитальных ремонтов головных образцов этого оборудования и поставки его на промышленное производство.

При этом, критерием полного отказа установки является прекращение функционирования по назначению (прекращение отпуска пара) вследствие отказа входящего в ее состав оборудования.

Работоспособность тепловых электрических станций в целом, во многом определяется надёжностью котельного оборудования. Отказы самих котельных установок, в основном происходят из-за повреждений труб поверхностей нагрева, что обосновывается высокими температурами, как греющей среды, так и теплоносителя; высоким уровнем давления рабочей среды в поверхностях нагрева и др. В таблице 1 приведены данные по доле отказов элементов котла [2].

Таблица 1 – Доля отказов элементов котла

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

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.

Основная причина повреждений заключается в тепловой неравномерности обогрева, перегревах металла (например, вследствие образования накипи). Это проявляется в виде разрывов металла и отдулин. Тепловая неравномерность обогрева является следствием неравномерности тепловосприятости, конструктивной нетождественности и гидравлической разверки. Локальное или общее увеличение теплоотдачи от продуктов сгорания и снижение теплоотдачи к теплоносителю вызывают режимы ухудшенного теплообмена и перегревы металла выше расчетной или предельно допустимой температуры. Перегревы металла ведут не только к микроструктурным изменениям в металле, но и к потере защитных свойств оксидной пленки, что провоцирует коррозию.

Изучение массовых повреждений трубных поверхностей нагрева испарительного тракта котлов до- и сверхкритического давления показало, что неоднородное поле температуры в топочной камере, высокая тепловая нагрузка в стационарных режимах и набросы тепловой нагрузки при растопках порождают неизотермичность теплоотдачи к теплоносителю, термогравитационные и кризисные явления [2]. Имеющиеся зависимости для инженерных расчетов таких явлений в вертикальных трубах не обладают достаточной общностью и точностью. В этой ситуации определение

диагностических признаков, разработка моделей и мероприятий для предотвращения повреждений затруднены. В связи с чем, расчёт показателей надёжности, основанный на статистических показателях работы котельного оборудования, позволяет прогнозировать длительность работы оборудования. Доля отказов из-за повреждений элементов котла приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Доля отказов котла из-за повреждений его элементов

Паропроизводительность, т/ч	Доля отказов из-за повреждений, %				
	ЭК	ИСП	ПЕ	ПП	Прочее
2500...2650	43,9	2500...2650	43,9	2500...2650	43,9
1600...1800	4,1	1600...1800	4,1	1600...1800	4,1
950...1000	11,5	950...1000	11,5	950...1000	11,5
640...670	24,9	640...670	24,9	640...670	24,9
480...500	31,4	480...500	31,4	480...500	31,4
320...420	29,0	320...420	29,0	320...420	29,0
120...220	32,0	120...220	32,0	120...220	32,0

Произведём оценку критериев надёжности парового котла по статистике его работы в течение 2017 года. В среднем котёл находился в работе 624 часа в месяц, в ремонте 108 часов в месяц.

Коэффициент готовности данного котла за 2017 год, составил:

$$k_r = 7486 / [7486 + 1293] = 0,85.$$

Время наработки на отказ, с учётом остановок котла в резерв составило:

$$T_o = 7486 / 7 = 1069 \text{ ч.}$$

ВЫВОДЫ

Согласно ГОСТ 28269-89 Котлы паровые стационарные большой мощности. Общие технические требования к надёжности новых котлов по коэффициенту готовности, %: для пылеугольных котлов, работающих на Экибастузских углях не менее 97,0; со средней наработкой на отказ не менее 3800 часов.

Каждый год коэффициент готовности котла снижается в среднем на величину от 1,0 до 1,5 % [3]. Таким образом, показатели надёжности котла можно оценить как высокие. При этом, такой показатель, как частота отказов даже ниже, чем приводимый в литературе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р 50831-95 Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования. Введ. 1997-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 27 с.

2 **Казаков, А. В.** Надёжность, диагностика элементов энергетического оборудования. – Томск : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2010. – 224 с.

3 **Ноздренко, Г. В., Томилов, В. Г., Зыков, В. В., Пугач, Ю. Л.** Надёжность ТЭС. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – 63 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Е. В. Приходько¹, А. Т. Дуйсекенова²

Анықтау энергетикалық жабдықтар жұмысының сенімділігін

^{1,2}С. Торайғырова атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

E. V. Prihod'ko¹, A. T. Duysekenova²

Determination of the reliability of work of energy equipment

^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Осы мақалада бу қазандығы жұмысының сенімділік критерийлеріне талдау жүргізіледі. БКЗ-420 барабанды бу қазандығы үшін 2017 жылғы статистикалық ақпарат негізінде жұмыстың сенімділік критерийлерін есептеу жүргізілді, алынған мәндерге талдау және әдеби көздермен салыстыру жүргізілді. Екібастұз көмірінде жұмыс істейтін шаңкөмір қазандары үшін дайындық коэффициенті бойынша жаңа қазандықтардың сенімділігіне қойылатын жалпы техникалық талаптар кемінде 97,0; істен шығуға орташа жұмысы кемінде 3800 сағат. Жыл сайын қазандықтың дайындық коэффициенті орта есеппен 1,0-ден 1,5%-ға дейін төмендейді. Осылайша, қазандықтың сенімділік көрсеткіштерін жоғары деп бағалауға болады. Бұл ретте, істен шығу жиілігі әдебиетте келтірілетіннен төмен көрсеткіш.

This article analyzes the criteria for the reliability of the steam boiler. For the drum-type steam boiler BKZ-420, we calculated the

reliability criteria based on statistical information for 2017, analyzed the values obtained and compared with literary sources. General technical requirements to reliability of new caldrons on the coefficient of readiness for pulverized caldrons working on Ekibastuz coals no less than 97,0; with middle work on a refuse no less than 3800 hours. Every year the coefficient of readiness of caldron goes down on the average on a size from 1,0 to 1,5 %. Thus, reliability of caldron indexes can be estimated as high. Thus, such index, as frequency of refuses is even lower than given in literature.

ГРНТИ 44.31.35

Е. В. Приходько¹, Я. И. Конкин²

¹к.т.н, профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: 'john1380@mail.ru

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГРАДИРЕН

В настоящей статье производится анализ конструкции промышленных градирен и методы определения режимных и конструктивных характеристик. Представлены восемь вариантов реконструкции, построенные на основе: хозрасчетной экономии, срока окупаемости, дополнительной выработки электроэнергии, расчета технико-экономического сравнения, дополнительного отпуща электроэнергии. Рассмотрены варианты реконструкции имеющейся градирни с установкой оборудования для обдува и без. Показано, что эффективность работы градирен всецело зависит от качества насадочного устройства, создающего развитую поверхность контакта фаз и благоприятные условия проведения процесса (интенсивность теплообмена), при минимальных аэро- и гидродинамическом сопротивлении и достаточной удерживающей способности по жидкости. Реконструкция градирни приведёт к повышению экономичности турбоагрегатов и увеличению мощности в летний период за счет расширения оборотной системы водоснабжения ТЭЦ-3.

Ключевые слова: градирня, эффективность работы, ороситель, водоём-охладитель

ВВЕДЕНИЕ

Изменение режимов работы предприятий и увеличение стоимости свежей воды требует принятия безотлагательных мер по повышению рентабельности производств, уменьшению непроизводительных расходов и снижению себестоимости продукции. Создание рациональных схем водопользования и уменьшение потребления свежей воды, отбираемой из систем водопровода или естественных водоемов, могут стать существенным фактором в улучшении экономических показателей предприятия. Основой рациональных схем водопользования являются водооборотные

охлаждающие системы, где в качестве охлаждающего оборудования используются градирни.

Градирни применяют в системах оборотного водоснабжения, где необходимо глубокое устойчивое охлаждение воды при высоких удельных гидравлических и тепловых нагрузках. Их подразделяют на открытые, башенные и вентиляторные. Поверхность воды, требуемая для ее охлаждения путем контакта с воздухом, создается в градирнях в результате разбрызгивания воды соплами или с помощью оросительных устройств, которые могут быть капельными, пленочными и комбинированными.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Отходящая с градирни вода может быть вновь использована для охлаждения технологических потоков. Включение больших количеств воды, используемой для охлаждения, в водооборотные циклы, позволяет значительно снизить потребности в свежей воде, которая в данном случае используется лишь для подпитки соответствующего водооборотного цикла.

Кроме этого использование градирен в сочетании с фильтрами позволяет обеспечить использование воды в замкнутом технологическом цикле, что существенно улучшает экологическую обстановку в регионе, где расположено предприятие.

Большинство из существующих градирен, задействованных в системах водоснабжения по оборотному типу, установлены более 30–50 лет назад. Это морально и физически устаревшие конструкции. Раньше при проектировании старались экономить на материалах, не придавая особой важности процессу охлаждения производственного оборудования.

Современные конструкции отличаются высокой производительностью и эффективностью, они проектируются с учетом новых требований к эксплуатации оборудования, возводятся с применением оптимизированных материалов.

Эффективность работы градирен всецело зависит от качества насадочного устройства (оросителя), создающего развитую поверхность контакта фаз и благоприятные условия проведения процесса (интенсивность тепломассопередачи), при минимальных аэро – и гидродинамическом сопротивлении и достаточной удерживающей способности по жидкости.

Ороситель – основной конструктивный элемент плёночной или капельно-плёночной градирни, предназначенный для того, чтобы раздробить стекающий по нему поток воды и обеспечить ему длительное время и максимальную площадь контакта с охлаждающим воздухом. Конструкция оросителя должна обеспечивать получение достаточной для обеспечения требуемой охлаждающей способности площади поверхности охлаждения при оптимальном аэродинамическом сопротивлении.

При выборе каждого типа оросителя в конкретном случае должно производиться сопоставление охлаждающей способности и стоимости градирни. Значение потерь напора при движении воздуха в оросителе также является неотъемлемым показателем его работы, так как оно характеризует эксплуатационные затраты на градирню. Так же необходимо учитывать другие показатели оросителя: легкость монтажа, прочность, долговечность, доступность для ремонта и обслуживания.

В работе рассмотрены конструкции промышленных градирен и методы определения режимных и конструктивных характеристик. Представлены восемь вариантов реконструкции, построенные на основе: хозрасчетной экономии, срока окупаемости, дополнительной выработки электроэнергии, расчета технико-экономического сравнения, дополнительного отпуску электроэнергии.

Действующий вариант – ТЭЦ работает с двумя действующими градирнями $F_{op} = 1600 \text{ м}^2$ №1, 2; на градирне №1 установлен деревянный ороситель, на градирне №2: 3-х ярусный пластмассовый ороситель из гофротруб «Полимерхолотехника» Ø44 мм, воздухоходные окна на обеих градирнях затенены подающими кольцевым водоводом и вертикальными стояками.

Варианты реконструкции:

Вариант 1. Реконструкция системы оборотного водоснабжения с установкой новой градирни №3 $F_{op} = 1600 \text{ м}^2$ с 3-х ярусным комбинированным оросителем высотой 1,85 м (верхний ярус – сетчатый из горизонтальных труб, средний – из листов ПВХ ОДГ 6040, нижний – из гофротруб «Полимерхолотехника») и типовой системой водораспределения (с центральным стояком и радиальным расположением магистральных трубопроводов).

Вариант 2. Реконструкция системы оборотного водоснабжения с установкой новой градирни из 4-х секций $F_{op} = 1024 \text{ м}^2$ (по 16x16 м), с 2-х ярусным оросителем из ПВХ типа ОДГ45/30 высотой 1,4 м. На градирне с целью экономии собственных нужд устанавливается двухскоростной электродвигатель.

Вариант 3. Со строительством нового водоема – охладителя со струенаправляющей дамбой общей площадью 0,55 км².

Вариант 4. С реконструкцией обеих градирен № 1,2 (с заменой на градирне №1 деревянного оросителя и системы водораспределения на типовую) без ввода в эксплуатацию нового гидроохладителя.

Вариант 5. Реконструкция системы оборотного водоснабжения с установкой новой градирни №3 $F_{op} = 1600 \text{ м}^2$ и реконструкцией только градирни №1 (с заменой деревянного оросителя на пластмассовый из гофротруб, аналогичный градирне №2).

Вариант 6. Реконструкция системы оборотного водоснабжения с установкой новой градирни № 3 $F_{\text{ор}}=1600 \text{ м}^2$ и реконструкцией обеих градирен № 1,2 (с заменой на градирне № 1 деревянного оросителя, на обеих градирнях № 1,2 заменяется системы водораспределения на типовую).

Вариант 7. Реконструкция системы оборотного водоснабжения с установкой новой вентиляторной градирни № 3 $F_{\text{ор}}=1024 \text{ м}^2$ с 2-х ярусным оросителем из ПВХ типа ОДГ45\30 и реконструкцией обеих градирен №1,2. На вентиляторной градирне устанавливается двухскоростной электродвигатель.

Эффективность работы градирен всецело зависит от качества насадочного устройства (оросителя), создающего развитую поверхность контакта фаз и благоприятные условия проведения процесса (интенсивность тепломассопередачи), при минимальных аэро- и гидродинамическом сопротивлении и достаточной удерживающей способности по жидкости.

Ороситель – основной конструктивный элемент плёночной или капельно-плёночной градирни, предназначенный для того, чтобы раздробить стекающий по нему поток воды и обеспечить ему длительное время и максимальную площадь контакта с охлаждающим воздухом. Конструкция оросителя должна обеспечивать получение достаточной для обеспечения требуемой охлаждающей способности площади поверхности охлаждения при оптимальном аэродинамическом сопротивлении.

При выборе каждого типа оросителя в конкретном случае должно производиться сопоставление охлаждающей способности и стоимости градирни. Значение потерь напора при движении воздуха в оросителе также является неотъемлемым показателем его работы, так как оно характеризует эксплуатационные затраты на градирню. Так же необходимо учитывать другие показатели оросителя: легкость монтажа, прочность, долговечность, доступность для ремонта и обслуживания.

В данной работе рассмотрен способ повышения экономичности турбоагрегатов и увеличение мощности в летний период за счет расширения оборотной системы водоснабжения ТЭЦ-3 путем реконструкции с установкой новой градирни и ввода в эксплуатацию.

Причиной разработки данной темы явилось недостаточное обеспечение электрической мощности ТЭЦ-3 циркуляционной системой водоснабжения в летний период, в условиях максимальных конденсационных нагрузок.

Павлодарская ТЭЦ-3 проектировалась на установленную электрическую мощность 500 МВт. Предназначена для снабжения электрической и тепловой энергией в паре и горячей воде близлежащих предприятий северной промзоны города Павлодара.

Предполагалось, что станция будет работать большую часть времени в тепловом режиме и при утверждении проекта до мощности 500 МВт четвертая градирня была исключена из проекта.

В настоящее время тепловые нагрузки значительно снижены и установленная мощность ТЭЦ-3 составляет 440 МВт из-за вывода из эксплуатации и демонтажа турбоагрегата № 1 в связи с его неремонтопригодностью.

ВЫВОДЫ

Таким образом, рассмотрены варианты реконструкции имеющейся градирни с установкой оборудования для обдува и без. Показано, что эффективность работы градирен всецело зависит от качества насадочного устройства, создающего развитую поверхность контакта фаз и благоприятные условия проведения процесса (интенсивность тепломассопередачи), при минимальных аэро- и гидродинамическом сопротивлении и достаточной удерживающей способности по жидкости. Реконструкция градирни приведёт к повышению экономичности турбоагрегатов и увеличению мощности в летний период за счет расширения оборотной системы водоснабжения ТЭЦ-3.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Пономаренко, В. С., Арефьев, Ю. И.** Градирни промышленных и энергетических предприятий. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 188 с.
- 2 **Гончаров, В. В.** Брызгальные водоохладители ТЭЦ и АЭС. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 140 с.
- 3 **Калатузов, В. А.** Повышение эффективности эксплуатации и модернизации циркуляционных систем электростанций и градирен // Энергетик, 2003, № 4, – С. 10–15.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Е. В. Приходько¹, Я. И. Конкин²

Градирнялардың жұмысының тиімділігін талдау

^{1,2}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

E. V. Prihod'ko¹, Ya. I. Konkin²**Analysis of the cooling tower efficiency**^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Осы бапта талдау жүргізіледі конструкциялары өнеркәсіптік градирен және анықтау әдістері режимдік және конструктивтік сипаттамалары. Ұсынылған сегіз нұсқаларын қайта құру негізінде салынған: шаруашылық есеп үнемдеу, өзін-өзі ақтау мерзімі, қосымша электр энергиясын өндіру, есептеу техникалық-экономикалық салыстыру, қосымша электр энергиясын босату. Нұсқалары қарастырылды қайта құру, қолда бар градирясын орнату үшін жабдықтарды үрлеу. Көрсетілгендей, бұл жұмыстың тиімділігі градирялардың сапасына тәуелді насадочного құрылғылары құратын дамыған беті контактін фазалардың және қолайлы жағдайлар жасайды, процеске (жылу массасын беру қарқындылығы), ең аз аэро – және гидродинамическом кедергісі және жеткілікті ұстау қабілеттілігі бойынша сұйықтық. Қайта жаңарту градирясын арттыруға әкеледі үнемділік турбоагрегаттар мен қуатын жазғы кезеңде кеңейту есебінен айналымдық сумен жабдықтау жүйесінің ЖЭО-3.

This article provides an analysis of the structures of industrial and structural characteristics. Eight reconstruction options are presented, built on the basis of: self-financing savings, payback period, additional electricity generation, calculation of technical and economic comparison, additional electricity supply. Considered options for the reconstruction of the existing cooling tower with the installation of equipment for blowing and without. It is shown that the efficiency depends on the quality of the nozzle, creating developed phase conditions and favorable process conditions (heat and mass transfer intensity), with minimal aerodynamic and hydrodynamic resistances and sufficient liquid holding capacity. The reconstruction of the cooling tower leads to an increase in the efficiency of turbine units and an increase in power during the summer period due to the expansion of the circulating water system of CHPP-3.

ГРНТИ 44.09.35

М. К. Сериктаймагистрант, кафедра «Теплоэнергетика», Энергетический факультет,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан
e-mail: akmaral70@mail.ru**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ
ЭНЕРГОУСТАНОВОК ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМ
КОМПЛЕКСНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

Данная работа посвящена исследованию работы промышленных тепловых насосов с учётом термодинамических характеристик рабочего тела. Желание снизить затраты топлива и других видов топливно-энергетических ресурсов для производства теплоты – основная тенденция современной теплоэнергетики. Учитывая истощение запасов высококачественных органических топлив, необходимо эффективно и рационально использовать ТЭР, привлекая современные технологии выработки тепловой энергии. Объектом исследования является процесс повышения энергосбережения в системе нагрева технологической воды на базе теплонасосной установки утилизирующей тепловые потери в турбинном цехе ТЭЦ. Результаты данного исследования создают предпосылки к использованию вторичной технологической воды в качестве низкопотенциального источника на тепловых насосах ТЭЦ. Усовершенствована схема теплового насоса с использованием регенеративного теплообменника, что повышает коэффициент теплопреобразования.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, тепловой насос, вторичные энергоресурсы.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы энергосбережения во всём мире стоит на первом месте. В настоящее время всё чаще внедряются новые технологии и пути утилизации теплоты, для повышения КПД энергоэффективности использования на ТЭЦ. Стремление уменьшить затраты топлива и других видов ТЭР для производства теплоты – основная тенденция современной

теплоэнергетики. Учитывая истощение запасов высококачественных органических топлив, необходимо эффективно и рационально использовать ТЭР, привлекая современные технологии выработки тепловой энергии.

Выработка электроэнергии на тепловых электростанциях к 2020 году возрастёт в 1,4 раза, и при этом увеличится нагрузка на окружающую среду. Поэтому будущее энергетики будет существенно зависеть от обеспечения допустимого уровня воздействия тепловых электростанций на окружающую среду.

Применение тепловых насосов на ТЭЦ весьма перспективно. Тепловые насосы позволяют отбирать тепло от низкопотенциального источника и передавать его с более высокими параметрами потребителю. Специальные устройства, используемые в них, позволяют использовать тепловую энергию любых низкотемпературных источников энергии, особенно это актуально для применения вторичных продуктов для преобразования энергии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При мировых тенденциях экономии топливных ресурсов, сбросное тепло в градирнях необходимо полезно использовать. Уже существует опыт использования теплового насоса на ТЭЦ.

Тепловой насос, подключенный к тепловой сети, позволяет увеличить выработку тепловой энергии на ТЭЦ, благодаря снижению температуры обратной (оборотной) сетевой воды, сэкономить топливо в результате снижения количества вырабатываемой тепловой энергии или увеличить отпуск тепло- и электроэнергии на нужды города. Современные высокотемпературные тепловые насосы способны нагреть теплоноситель до +95 °С, делая его пригодным для использования в системе местного отопления и горячего водоснабжения.

Положительным опытом работы теплонасосной установки, полученным на ТЭЦ, можно воспользоваться более широко. ТНУ может найти самое широкое поле применения и в других областях теплоснабжения там, где встречается низкопотенциальное тепло, которое трудно использовать и поэтому оно просто выбрасывается. Энергосберегающий и, главное, экономический эффект от внедрения ТНУ может оказаться колоссальным.

С технической точки зрения специалистов это и удобно выгодно. Также принесёт прибыль на экономии пара в течении двух лет. С научной точки зрения это внедрение новых технологий использование на ТЭЦ в качестве альтернативных источников энергии.

На сегодняшний день промышленные тепловые насосы активно используются в различных странах мира и уже включены в программы по уменьшению выбросов углекислого газа в атмосферу. Это особенно важно,

поскольку для большинства современных предприятий значимым моментом считается забота о природе. Из-за различных факторов, которые приводят к загрязнению природных ресурсов, для промышленных организаций ужесточены экологические требования в любых аспектах. Применение тепловых насосов не представляет опасности для природы.

Эффективность использования тепловых насосов, которые успешно применяются в странах Европы, в США и Японии для покрытия нагрузок систем горячего водоснабжения (ГВС), отопления и кондиционирования. Отсутствие продуктов сгорания, а также иных опасных веществ делает это уникальное оборудование максимально экологичным и позволяет использовать его с целью нагрева воды. Это особенно важно, поскольку для большинства современных предприятий значимым моментом считается забота о природе.

За последние 10 лет Норвегия установила большое количество мощных тепловых насосов для промышленного применения, центрального отопления и охлаждения. Завоевали признание тепловые насосы также и в бытовом секторе. Мощные тепловые насосы с высоким коэффициентом COP используются в рыбной, пищевой и перерабатывающей промышленности Норвегии. Норвежская компания СинглФейзПауэр, специализирующаяся на высокотемпературных тепловых насосах для промышленного использования, собирается внедрить в этом году свою первую коммерческую установку после множества успешных опытных образцов. Одна из станций, поставляющих тепло в центральную отопительную систему Осло, вырабатывает 27 МВт тепла с помощью тепловых насосов из регенерированного тепла очищенных сточных вод. В качестве хладагента используется R134a, температура на выходе системы 90 °С. Тепловой насос, установленный в Драммене, южнее Осло, вырабатывает 14,3 МВт тепла из морской воды, это первый тепловой насос использующий аммиак в качестве хладагента и способный вырабатывать тепло выше 100 °С. Крупные системы центрального отопления и охлаждения, извлекающие тепло из морской воды, установлены в аэропорту Форнебу в Осло для теплоснабжения более 10000 домов и множества близлежащих коммерческих зданий. Новая больница снабжается теплом и охлаждается одним из самых больших в мире грунтовых тепловых насосов, работающем с более 300 скважинами, установленным норвежской компанией ФортумЭнерги.

Тепловые насосы также могут быть частью комплексной системы, которая обеспечивает как охлаждение, так и нагрев. Применение теплонасосных установок (ТНУ) на ТЭЦ весьма перспективно. При мировых тенденциях экономии топливных ресурсов, сбросное тепло в градирнях необходимо полезно использовать.

Наиболее рационально топливо используется на ТЭЦ для комбинированной выработки электроэнергии и теплоты, для которых коэффициент использования топлива приближается к единице.

Масштабы затрат топлива на теплоснабжение и многочисленные технологические процессы нагрева в различных отраслях промышленности весьма велики и составляют 30–40 % от суммарных затрат топлива. В этой ситуации рациональное использование ТЭР является одним из основных направлений повышения энергоэффективности производства. Одним среди эффективных технических решений энергосбережения в промышленности является внедрение теплового насоса и комбинированных установок теплохладоснабжения, термодинамическая эффективность которых очевидна. За последние несколько десятков лет в развитых странах возросла эксплуатация тепловых насосов, примерно 20 млн. установок от несколько кВт до десятков МВт.

В настоящее время строительством новых жилых зданий в городе, а также развитием и расширением промышленных предприятий, на станции существенно не хватает выработки тепловой и электрической энергии. Также можно отметить, что с износом оборудования, вырабатываемая мощность снизилась, несмотря на то, что каждый год проводится модернизация, капитальный ремонт, все равно не хватает той энергии, которая необходима для оборудования. В данное время все турбины и котлы с её вспомогательным оборудованием работают на пониженных параметрах.

В настоящее время создано и эксплуатируется большое число тепловых насосных установок, отличающихся по тепловым схемам, рабочим телам и по используемому оборудованию (Рисунок 1).

Все типы тепловых насосных установок можно классифицировать по ряду сходных признаков. Каждый из них отражает только одну характерную особенность установки, поэтому в определении теплонасосной установки может быть два и более признака.

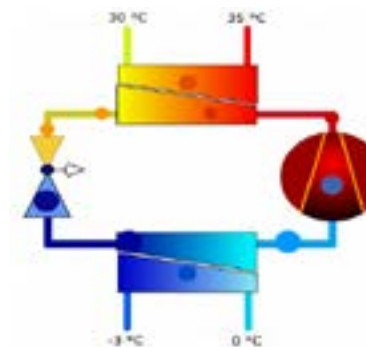


Рисунок 1 – Схема принципиального устройства парокомпрессионного теплового насоса
1 – испаритель; 2 – компрессор; 3 – конденсатор;
4 – дросселирующий вентиль

Классификация по циклам работы:

- тепловые насосы с механической компрессией пара (парокомпрессионный цикл);
- абсорбционные тепловые насосы [1, 2];
- тепловые насосы, работающие по циклу Брайтона [3]
- термоэлектрические тепловые насосы [3].

Реальные тепловые насосы собираются из большого числа элементов, соединенных последовательно, а в тепловом отношении как последовательно, так и параллельно, откуда возникают проблемы одновременного получения теплового контакта и электрической изоляции соединения.

Несмотря на проблемы отыскания недорогих и эффективных полупроводниковых материалов и их тщательной сборки, эти устройства нашли два интересных применения, в которых значения КОП близки к достигнутым в абсорбционном цикле:

– охлаждение флуоресцентных ламп для поддержания оптимального давления. Применение описанного устройства здесь удобно благодаря его малому размеру и подводу электропитания к самой лампе. Небольшое увеличение расхода электроэнергии окупается существенным улучшением светоотдачи;

– поддержание нулевой температуры холодного спая термопар. Здесь термоэлектрическая система подходит идеально, поскольку она реверсивна и обеспечивает строго пропорциональное управление.

Кроме того, в отличие от других холодильных систем ее легко миниатюризовать.

На тепловой электростанции имеются обратная вода системы охлаждения механизмов и агрегатов. Утилизация их теплоты – важный резерв экономии топливно-энергетических ресурсов на промышленном предприятии. Это показывает, что параметры низкопотенциального источника высокие, и это даёт большое преимущество при подборе теплового насоса.

ВЫВОДЫ

Низкопотенциальным источником теплоты для теплового насоса самым оптимальным является обратная вода, которая поступает с конденсатора турбины и охлаждается в градирне, температура на выходе с конденсатора составляет от 35 до 40 °С.

Используя воду, которая поступает с конденсатора турбины в испаритель теплового насоса для нагрева хладагента, отдавая свою полезную теплоту, тем самым происходит интенсивный процесс теплообмена и одновременно охлаждение оборотной воды, которая поступает на градирню. Также предусмотрена резервная установка в случае аварийной ситуации на градирне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Проценко, В. П.** Проблемы использования теплонасосных установок в системах централизованного теплоснабжения // Энергетическое строительство. – 1994. – № 2. – С. 29–34.

2 **Соколов, Е. Я., Бродянский, В. М.** Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. – М. : Энергоиздат, 1981. – 320 с.

3 **Быков, А. В., Калнинь, И. М., Крузе, А. С.** Холодильные машины и тепловые насосы. – М. : Агропромиздат, 1988. – 286 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

М. К. Серіктай

Екіншілік энергия ресурстарын қолдану арқылы жылумен кешенді қамтамасыз ету жүйелерін оңтайландыру жолымен қайрат қондырғыларының тиімділігін арттыру

Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

М. К. Serikтай

Increasing the economy of power installations by optimizing the scheme of complex heat supply during the use of secondary energy

Faculty of Energy Engineering,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Бұл жұмыс сұйықтықтың термодинамикалық сипаттамаларын ескере отырып, өнеркәсіптік жылу сорғыларының жұмысын зерттеуге арналған. Отының және басқа отын-энергетикалық ресурстардың құнын арзандатуға деген ұмтылыс қазіргі заманғы энергетиканың негізгі үрдісі болып табылады. Жоғары сапалы органикалық отындар қорларының сарқылуын ескере отырып, отын-энергетикалық ресурстарды тиімді және тиімді пайдалану, жылу энергиясын өндіруге арналған заманауи технологияларды тарту қажет. Зерттеу нысаны ЖЭО зауытының турбиналық цехындағы жылу шығындарын пайдаланатын жылу сорғы қондырғысы негізінде технологиялық су жылыту жүйесінде энергия үнемдеуді арттыру процесі болып табылады. Зерттеу нәтижелері жылу электр станцияларының жылу сорғыларында әлеуетті әлеуетті көзі ретіндегі қайталама технологиялық суды пайдаланудың алғышарттарын жасайды. Жылулық сорғы схемасы жылу алмасу коэффициентін арттыратын қалпына келтіретін жылу алмастырғышты пайдаланып жақсартылған.

This paper is devoted to the study of the operation of industrial heat pumps, taking into account the thermodynamic characteristics of the working fluid. The desire to reduce the cost of fuel and other types of fuel and energy resources for the production of heat is the main trend of modern power engineering. Given the depletion of reserves of high-quality organic fuels, it is necessary to effectively and efficiently use fuel and energy resources, attracting modern technologies for generating thermal energy. The object of the research is the process of increasing energy savings in the heating system of process water based on a heat pump installation utilizing heat losses in the turbine shop of the CHP plant. The results of this study create prerequisites for the use of secondary process water as a low-potential source in heat pumps of thermal power plants. The heat pump circuit has been improved using a regenerative heat exchanger, which increases the heat conversion coefficient.

**И. Э. Сулейменов¹, О. А. Габриелян², И. Т. Пак³,
Г. А. Мун⁴, Э. Е. Копишев⁵, И. В. Изликов⁶**

¹д.х.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

²д.ф.н., профессор, Крымский Федеральный университет имени В. И. Вернадского, г. Симферополь, 295000, Россия;

³д.т.н., профессор, Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

⁴д.х.н., профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан;

⁵к.х.н., и.о. доцента, Евразийский университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁶ТОО «Qaztech Innovations», г. Алматы, 050000, Республика Казахстан

e-mail: ¹esenych@yandex.ru; ²gabroleg@mail.ru; ³pak.it@mail.ru;

⁴mungrig@yandex.ru; ⁵eldar_kopishev@mail.ru; ⁶igor_iglikov@mail.ru

ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ СОВРЕМЕННЫМ СРЕДСТВАМ МАНИПУЛЯЦИИ МАССОВЫМ СОЗНАНИЕМ

Проанализированы трансформации методов ведения информационной войны на современном этапе. Показано, что одним из наиболее эффективных методов манипуляции массовым сознанием является генерация и распространение мифологем, отвечающих интересам атакующей стороны. Показано, что воздействия такого рода могут носить скрытый характер, практически не идентифицируемый обычными методами. Продемонстрировано, что современные методы ведения информационной войны активно используют также новейшие достижения теории сложных систем, в частности, результаты анализа процессов самоорганизации, стимулируемых через социальные он-лайн сети. Примером является создание радикальных группировок на основе неполитических увлечений (клубы футбольных «фанатов», клубы любителей экстремальных силовых игр и т.д.) Установлено, что для идентификации информационных воздействий рассматриваемого типа необходимо создание нетривиальных мониторинговых методов. Подчеркивается, что эффективность таких методов неразрывно

связана с коммерческим успехом средств, обеспечивающих проведение мониторинга (наиболее значимым индикатором интереса потребителя к тому или иному продукту является готовность платить за него). Показано, что коммерческий продукт, обеспечивающий мониторинг, удобно реализовать используя методы ароматерапии. Эти методы применимы для коррекции психофизиологического состояния потребителя (снижение агрессивности, раздражительности и т.д.) Использование купажей эфирных масел, состав которых варьируется в зависимости от текущего психофизиологического состояния конкретного пользователя, позволяет существенно повысить эффективность ароматерапии. Соответственно, система, которая обеспечивает диагностику психофизиологического состояния конкретного потребителя, параллельно (при обеспечении централизованного сбора данных) может быть использована и для выявления нежелательных информационных воздействий извне.

Ключевые слова. Информационная война, манипуляции сознанием, нейронная сеть, ароматерапия, сложные системы.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы значительное внимание уделяется изучению сложных систем различной природы [1–3], причем среди работ, выполняемых в этой области, можно выделить обширную группу исследований, посвященных изучению коллективных эффектов в обществе (генерация и распространение слухов, изменение мнения индивидов под внешним информационным воздействием и т.д. [4, 5]).

Одной из форм прикладного использования исследований такого рода, очевидно, является разработка новых средств ведения информационной войны, конкретно, средств манипуляции массовым сознанием, в том числе, через внедрение в него различного рода мифологем (высокую эффективность использования мифологем в качестве инструмента ведения информационной войны демонстрируют, в частности, события последних лет, имевшие место на территории Украины [6]). Основным отличием средств такого рода от существовавших ранее аналогов является их не прямой характер. Манипулятивные технологии все в большей степени отдаляются от средств прямой пропаганды тех или иных концепций (в частности, политических доктрин), смещая акцент на предельно простые и понятные обывателю тезисы, причем адекватность этих тезисов (в частности, их соответствие истинному положению дел) уже не имеет значения. Заметим, что именно это обстоятельство – отсутствие рациональных доказательств (и более

того, принципиальный отказ от их использования [7, 8]) – и является отличительной чертой любых мифов, включая те, что бытуют в современном обществе.

Следовательно, манипулятивные технологии следующего поколения, в том числе и те, что разрабатываются как инструмент ведения информационной войны, могут быть замаскированы под практически любые информационные воздействия (средства рекламы, компьютерные игры и т.д.). Поэтому есть все основания утверждать, что основой технологий противодействия перспективным средствам манипуляции массовым сознанием должны стать средства обнаружения соответствующих воздействий и их верификация.

Подчеркнем, что за сформулированными тезисами отнюдь не стоят те или иные «конспирологические» теории. Более того, появление самого термина «конспирология» можно и нужно рассматривать как одно из средств обеспечения скрытного характера ведения информационной войны, с помощью которого попытки раскрыть манипулятивные механизмы, обеспечивающие воздействие на массовое сознание, в глазах обывателя становятся в один ряд с измышлениями уфологов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Возможности для воздействия на массовое сознание существуют объективно, более того, как показывает анализ результатов таких работ как [9–11] (наряду с цитированными выше) уже просматриваются контуры соответствующих количественных теорий, построенных на строгой математической основе.

Для иллюстрации здесь уместно воспользоваться одним из положений теории ноосферы, сформулированным, в частности, в [12, 13]. В соответствии с этим положением, сознание любого из индивидов, рассматриваемое как средство переработки информации, есть составная часть глобальной информационной сети, сформированной всей совокупностью людей, населяющих планету, т.е. ноосферы, которая также представляет собой средство переработки информации.

Действительно, в соответствии с современными воззрениями мозг человека представляет собой нейронную сеть (рис.1), а его сознание возникает как результат обмена информации между нервными клетками, каждая из которых способна выполнять только простейшие функции. Для того, чтобы нейронная сеть существовала и функционировала, каналы связи между нейронами не обязательно должны существовать неизменно во времени. Строго говоря, нейронная сеть может быть собрана из элементов произвольной природы, обменивающихся сигналами, причем физический

механизм передачи сигнала также не имеет определяющего значения. Нейронные сети могут быть распределенными, причем местоположение отдельных элементов сети может меняться во времени.

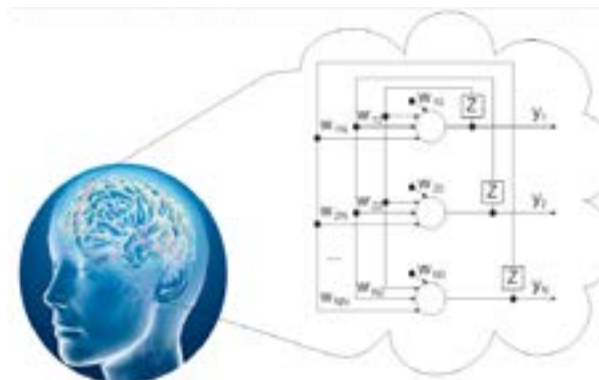


Рисунок 1 – Головной мозг человека и схема нейропроцессора Хопфилда

Например, допустимо говорить о нейронных сетях, собранных на основе элементов, обменивающихся информацией по радиоканалам. (Отметим, что современные телекоммуникационные системы, в частности те, что образованы совокупностью средств мобильной связи, находящихся в распоряжении индивидуальных пользователей, также можно рассматривать по аналогии с нейронными сетями.) Можно привести примеры и из области биологии – муравейник представляет собой системную целостность, обладающую, в том числе, выраженными коллективными реакциями на внешние раздражители.

Соображения такого рода позволяют говорить о том, что нейроны, входящие в состав головного мозга человека, де-факто включены и в объемлющую нейронную сеть (рис.2), просто механизм передачи информации от одного участка такой сети (мозга отдельного человека) отличается от механизма передачи информации внутри данного относительно самостоятельного фрагмента. Проявления эффектов, связанных с существованием объемлющей нейронной сети, хорошо известны в психологии. К ним относится, в частности, коллективное бессознательное, механизмы формирования ментальности и т.д.

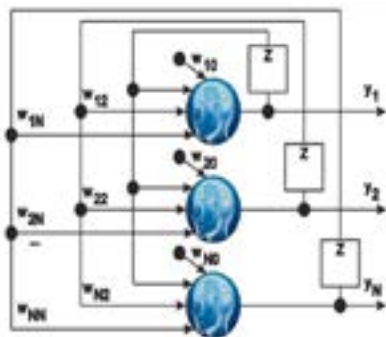


Рисунок 2 – Головной мозг индивида как часть объемлющей нейронной сети

Следовательно, раз существует объемлющая нейронная сеть, то существует, как минимум, и распределенная память, только опосредованно связанная с памятью отдельных людей. Шире, следует говорить о существовании *над-личностного* уровня переработки информации [13, 14], который не может не оказывать влияния на коллективное поведение и который по существу и является носителем *массового* сознания.

С этой точки зрения возможность реализации не прямых (и более того, скрытых) воздействий на массовое сознание не может вызывать удивления. Запись в информации в объемлющую нейронную сеть может вестись самыми различными путями. Определенные шаги, сделанные в этом направлении, уже прослеживаются. Например, для создания вспышки радикальных настроений (как на светской, так и на религиозной почве) вовсе не обязательно распространять соответствующие воззрения непосредственно. Достаточно определить целевую группу, состоящую из лиц, обладающих соответствующим психологическим типом, идентифицировать их и создать механизмы их консолидации. При этом повод, обеспечивающий их объединение может быть любым (начиная от вполне невинных развлечений в форме компьютерных или спортивных игр и заканчивая разнообразными клубами по интересам). Далее срабатывают механизмы, описанные, в частности, в работах по фазовым переходам в сложных системах [1–3]: соответствующая группа начинает генерировать радикальные воззрения уже без каких-либо внешних воздействий. Использование эффектов, связанных с существованием объемлющей нейронной сети, очевидно, может сделать подобные приемы намного более изощренными.

Следовательно, как минимум, встает вопрос о возможности отслеживания воздействий подобного рода, связанных с трансформациями

коммуникационного пространства, незаметными для непосредственных наблюдений.

По существу, речь идет о необходимости создания средств мониторинга психофизиологического состояния населения, точнее мониторинга его трансформаций, не связанных с факторами объяснимого (в рамках текущей социально-экономической ситуации в конкретной стране) происхождения. Это, в том числе, возвращает к вопросу о характере использования средств телемедицины.

Существующие диагностические инструменты ориентированы в основном на измерение ограниченного набора параметров, характеризующих состояние организма (частота пульса, венозное и артериальное давление), а их применение главным образом связано с подготовкой спортсменов, а также с использованием в фитнес-клубах, тренажерных залах и т.д. Вместе с тем, массовое использование даже простейших диагностических систем такого рода способно дать обширную информацию о трансформациях психофизиологического состояния населения [15]. Упрощая, массовое изменение сердечного ритма заведомо свидетельствует о резком нарастании тревожности в обществе и т.д. Однако, для того, чтобы воспользоваться указанными возможностями, средства телемедицины должны быть внедрены в массовое использование.

Следовательно, возникает вопрос о разработке систем, комплементарных системам телемедицинской диагностики. Действительно, сами по себе существующие методы телемедицинской диагностики не настолько развиты, чтобы найти применение на уровне, отвечающем массовому распространению. Упрощая, для постановки реального диагноза при обращении пациента к врачу данные рассматриваемого типа пока не используются и вряд ли будут использоваться в обозримом будущем, во всяком случае, в массовом порядке. Поэтому актуальным является разработка систем профилактического назначения, сопряженных с диагностическими системами, в том числе, существующего типа. Это, как минимум, послужит стимулом для дальнейшего развития телемедицины.

Как показано в [15], ароматерапия предоставляет весьма широкие возможности для решения рассматриваемой задачи. Прежде всего, эфирные масла, используемые в ароматерапии, заведомо не могут причинить вреда, они не обладают побочными действиями, не связаны с какими-либо негативными экологическими последствиями и т.д. [16, 17]. Как отмечается в цитированных работах, средства ароматерапии обеспечивают профилактику целого ряда заболеваний, а также могут быть использованы для коррекции психофизиологического состояния, в частности, снижения уровня раздражительности, утомляемости и т.д., что определяет весьма широкий круг потенциальных потребителей рассматриваемых средств.

Достоинством средств ароматерапии является также и то, что они могут быть положены в основу дистанционно управляемых систем, формирующих купаж паров эфирных масел, состав которых либо задается непосредственно пользователем, либо подбирается в автоматическом режиме на основе данных диагностики, которые также собираются автоматически. Последний вариант является предпочтительным как с точки зрения отдельных пользователей, так и с точки зрения осуществления диагностики психофизиологического состояния населения в целях выявления негативных сторонних воздействий.

Действительно, выбор конкретного купажа эфирных масел, используемых для профилактики, определяется не только индивидуальным состоянием пользователя, но и общей обстановкой в конкретном регионе (климатические факторы, социально-экономическая, экологическая обстановка и т.д.). Эти факторы изменяются во времени и их учет предпочтительно осуществлять централизованно, что предполагает обмен данными между индивидуальными диагностическими и профилактическими системами и сервером, обеспечивающим предоставление соответствующих услуг. Существенно, что такой обмен данным не обязательно должен предполагать однозначную идентификацию пользователя как конкретного физического лица, что снимает ограничения юридического характера с точки зрения доступа третьих лиц к личным данным. Однозначная идентификация не требуется также и для осуществления мониторинга психофизиологического состояния населения, так как здесь основной интерес представляют показатели, отражающие коллективное поведение.

Конкретные схемы устройства, обеспечивающего профилактику и коррекцию психофизиологического состояния пользователей (снижение раздражительности, тревожности, утомляемости и т.д.) показаны на рис. 3 – рис.5.

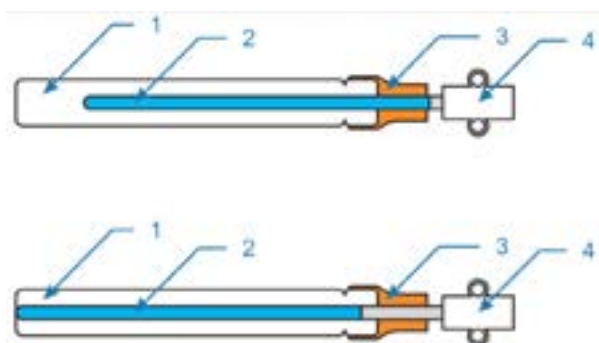


Рисунок 3 – Схема работы испарителя с электромагнитным управлением

Принцип работы устройства основан на высокой летучести природных эфирных масел, используемых в ароматерапии (рис.3). Основной узел устройства (испаритель) содержит:

- колбу, заполненную аромомаслом (1);
- пористый стержень (2), выполняемый из материала, обладающего высокой адгезией к эфирным маслам, к которому подсоединяется металлический сердечник
- ниппельную систему (3), препятствующую испарению масла в исходном состоянии; в простейшем варианте данная система представляет собой резиновую трубку, обжимающую стержень (2);
- соленоид (4);

Данный узел работает следующим образом. В исходном состоянии (рис.3) стержень (2) погружен в колбу (1), заполненную эфирным маслом. Стержень при этом занимает положение, при котором не происходит испарения масла, т.е. его соответствующие участки располагаются непосредственно внутри обжимающей трубки (пробки).

При подаче напряжения на соленоид (4) в нем развивается магнитное поле, вызывающее перемещение металлического сердечника и присоединенного к нему стержня (2). В результате часть стержня, пропитанного маслом, оказывается на открытом воздухе, обеспечивая испарения масла.

Реализация купажа паров эфирных масел обеспечивается за счет использования устройства (рис.4), которое содержит несколько испарительных узлов описанной выше конструкции. Состав купажа регулируется через время, в течение которого на соленоид подается ток (время испарения). Такой подход позволяет комплектовать схему управляющими радиоэлектронными компонентами, представленными на рынке, что сводит к минимуму технологические операции по изготовлению радиоэлектронной части схемы. По существу, все схема собирается из готовых компонентов, требующих минимальных операций по распаке. Система управляется контроллером на базе Arduino nano (5), рис.5. Контроллер соединяется с мобильным телефоном через Bluetooth контроллер HC-06 (6).

Управляющие программы, обеспечивающие сопряжение устройства с диагностическими системами, устанавливаются непосредственно на смартфон; эти программы предусматривают также возможность управления устройством в ручном режиме. Интерфейс содержит иконки, позволяющие задать нужный купаж смеси, в том числе по заданной программе во времени. Это создает дополнительные потребительские преимущества.

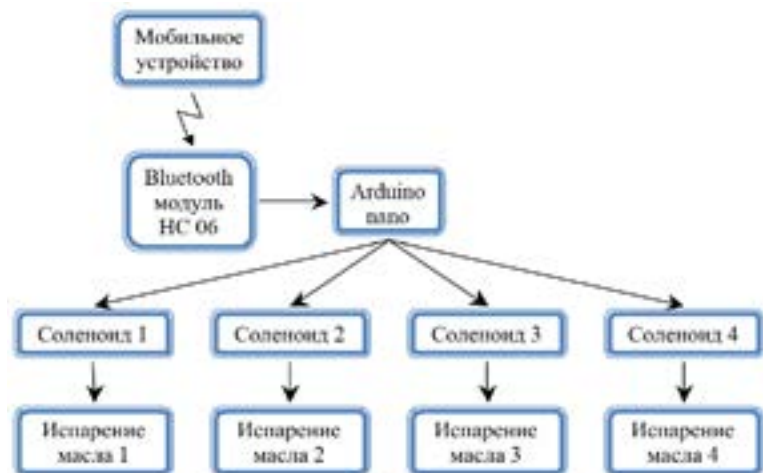


Рисунок 4 – Блок-схема модернизированной дистанционно управляемой системы ароматерапии

Устройство питается от плоского Li-Pol аккумулятора напряжением 3.7 В. В состав схемы входят также промышленно выпускаемые соленоиды марки NKQ4, сопротивление обмотки составляет 85 Ом. Соответственно, рабочий ток соленоида равен 43 мА, что отвечает потребляемой мощности 0,16 Вт.

Управление соленоидами осуществляется при помощи транзисторных ключей как это показано на электрической принципиальной схеме устройства, рис. 5.

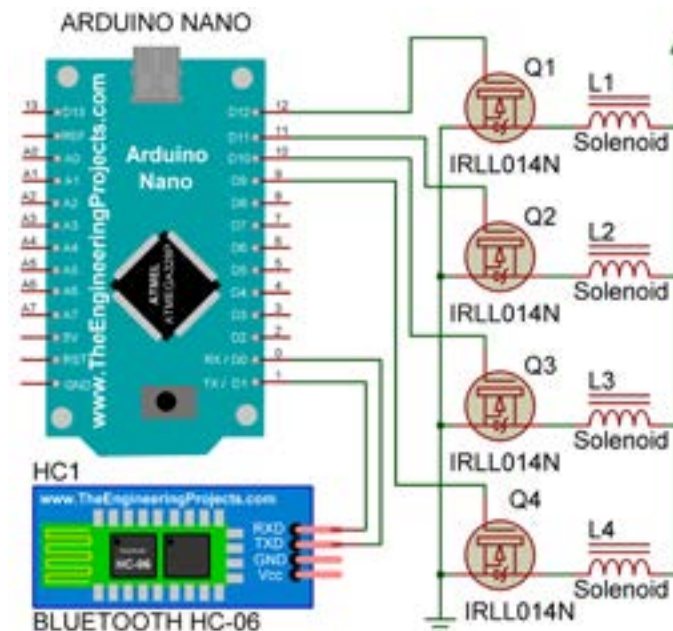


Рисунок 5 – Принципиальная электрическая схема устройства коррекции психоэмоционального состояния

Общая схема сборки устройства показана на рис. 6. Колба с эфирным маслом (1) вставляется в резиновую пробку (3) таким образом, чтобы впитывающий стержень (2) находился внутри колбы. Верхняя часть стержня является металлическим сердечником соленоида (4). При подаче напряжения на соленоид сердечник втягивается в него и часть стержня, пропитанного маслом выходит из пробки и происходит испарение.

Система управляется контроллером на базе Arduino nano (5). Контроллер соединяется с мобильным телефоном через Bluetooth контроллер HC-06 (6). Устройство питается от плоского Li-Pol аккумулятора (7).

Все компоненты располагаются в корпусе (8) устройства. Передняя крышка (9) устройства крепится на шурупе и защелке. Для замены масел необходимо снять крышку. Задняя крышка (10) закрывает все электронные компоненты. Она крепится четырьмя шурупами.

Устройство имеет следующие габариты 47мм x 80мм x 20мм; его оценочная стоимость составляет 6500 тенге. Устройство достаточно просто в эксплуатации, замена масел осуществляется через замену колб, в которых оно содержится. (При проектировании устройства использованы стандартные

размеры сосудов, в которых эфирные масла поставляются на рынок, что упрощает замену рабочего вещества.)

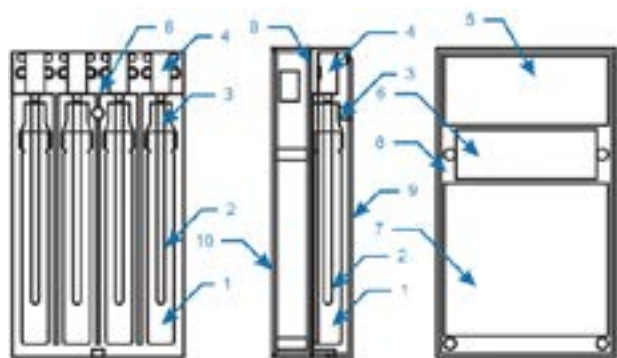


Рисунок 6 – Схема сборки многоканальной аромолампы (1 – колба с эфирным маслом; 2 – впитывающий стержень; 3 – резиновая пробка; 4 – соленоид; 5 – модуль Arduino nano; 6 – Bluetooth контроллер HC-06; 7 – Li-pol аккумулятор; 8 – корпус устройства; 9 – передняя крышка; 10 – задняя крышка).

ВЫВОДЫ

Таким образом, существует достаточно простая возможность обеспечить массовую диагностику трансформаций психофизиологического состояния населения конкретного региона. Преимущество предлагаемой методики состоит в том, что она обеспечивает заинтересованность в проведении такой диагностики со стороны самих потребителей, т.е. решение рассматриваемой задачи может осуществляться в режиме самофинансирования, без привлечения дополнительных бюджетных затрат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Boccaletti, S. et al.** Complex networks : Structure and dynamics, Physics Reports. – 2006, 424. № 4–5:175–308. – DOI:10.1016/j.physrep.2005.10.009.
- 2 **Albert, R., Barabási a. L.** Statistical Mechanics of Complex Networks // Reviews of Modern Physics. – 2001. 74. – № 1: 47–97. – DOI: 10.1103/RevModPhys.74.47.
- 3 **Tuegel, T.** Phase Transitions in Complex Networks. 2012.
- 4 **Zhao, L. et al.** SIHR rumor spreading model in social networks, Physica A : Statistical Mechanics and its Applications. –2012. 391. – № 7:2444–2453. – DOI: 10.1016/j.physa.2011.12.008.

5 **Bargh, J. A., McKenna, K.Y. A.** The internet and social life // Annual Review of Psychology. – 2004, 55:573–590. – DOI: 10.1146/annurev.psych.55.090902.141922.

6 **Stavitskii, A. V.** Ukrainian mytho-history in the information warfare mode [Ukrainskaia mifoistoriia v rezhime informatsionnoi voyny. – Sevastopol’] 2014. – ISBN 978-966-282-029-4. (In Russian).

7 **Shajgorods’kyj, Ju. Zh.** Politics : the interaction of reality and myth [Polityka : vzajemodija real’nosti i mifu] Znannja Ukrai’ny. 2009. – ISBN 978-966-316-258-4. (In Ukrainian).

8 **Harchenko, L.** Myth-making as an effective factor in social and political life [Mifotvorchist’ jak dijevyj chynnyk suspil’no-politychnogo zhyttja], Visnyk L’vivs’kogo universytetu, Filosofs’ki. – 2003. 5:199 – 207. (In Ukrainian).

9 **Gross, T., Blasius, B.** Adaptive coevolutionary networks : a review // Journal of The Royal Society Interface. – 2008. 5. – № 20:259–271. DOI:10.1098/rsif.2007.1229.

10 **D’Agostino G. et al.** Interests diffusion in social networks, Physica A : Statistical Mechanics and its Applications. – 2015. – 436:443-461. – DOI: 10.1016/j.physa.2015.05.062.

11 **Kalimoldaev, M. N., Suleimenov, I. E., Panchenko, S. V., Gabrielian, O. A., Pak, I. T.** Propagation of Myths in Society : Analogies with a Mathematical Description of the Spread of Epidemics [Rasprostranenie mifov v obshchestve : analogii s matematicheskim opisaniem rasprostraneniia epidemii] Problemy informatiki, 2015. 4:35–44. (In Russian).

12 **Suleimenov, I. E., Grigor’ev, P. E.** Physical basis of noosphere [Fizicheskie osnovy noosferologii]. – Almaty, 2008. – ISBN 978-601-239-006-3. (In Russian)

13 **Suleimenov, I. E., Gabrielian, O. A.** The space of the semantic codes of modern civilization [Prostranstvo smyslovykh kodov sovremennoi tsivilizatsii], Istorii i sovremennost’, 2014. 1:46-68. (In Russian).

14 **Suleymenova, K. I., Shaltykova, D. B., Suleimenov, I. E.** Aromorphoses phenomenon in the development of culture : a view from the standpoint of neural net theory of complex systems evolution // European Scientific Journal, 9. 2013.

15 **Suleimenov, I. E.** Means of individual monitoring of negative influence of environmental factors in Almaty [Sredstva individual’nogo monitoringa negativnogo vlianiia faktorov okruzhaiushchei sredy v g. Almaty] // Vestnik AUES. – 4:76–83. 2016. (In Russian).

16 **Iarosh, A. M., Tonkovtseva, V. V., Kulikova, Ia. A., Iurkova, O. F.** Effect of essential oils on the psychophysiological state of a person [Vlianie efirnykh masel na psikhofiziologicheskoe sostoianie cheloveka], // Biulleten’ Nikitskogo botanicheskogo sada. – 2011, 100:114–118. (In Russian).

17 **Bobrik, Iu. V., Timofeev, I. Iu., Kulichenko, A. V., Babynin, A. S., Kozulia, S. V.** Aromatherapy, aerophytotherapy – development prospects and application possibilities for patients' rehabilitation, disease prevention Aromaterapiia, aerofitoterapiia – perspektivy razvitiia i vozmozhnosti primeneniia pri reabilitatsii bol'nykh, profilaktike zabolevanii, // Tavrisheskii mediko-biologicheskii vestnik. – 2014. – 17 2:17–21. (In Russian).

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

I. Э. Сулейменов¹, О. А. Габриелян², И. Т. Пак³, Г. А. Мун⁴, Э. Е. Котшиев⁵, И. В. Игликов⁶

Көпшілік санасын билеудің заманауи тәсілдеріне қарсы тұру технологияларын іске асыру қағидалары

- ¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы;
²В. И. Вернадский атындағы Қырым Федералдық университеті, Симферополь қ., 295000, Қырым Республикасы;
³Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы;
⁴эл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы;
⁵Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;
⁶С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;
⁷ЖШС «Qaztech Innovations», Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы.
 Материал 19.12.18 баспаға түсті.

I. E. Suleimenov¹, O. A. Gabrielyan², I. T. Pak³, G. A. Mun⁴, E. E. Kopsishev⁵, I. V. Iglikov⁶

Principles of implementation of resistance technologies to modern means of manipulation with mass consciousness

- ¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunication, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan;
²V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, 295000, Republic of Crimea;
³Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan;

- ⁴al-Farabi Kazakh National University, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan;
⁵L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;
⁶S.Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;
⁷LLP «Qaztech Innovations», Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan.
 Material received on 19.12.18.

Қазіргі кезеңдегі ақпараттық айқас жүргізу әдістерінің өзгеруіне талдау жасалып, көптің санасын билеудің тиімді әдістері ретінде шабуыл жасаушы жақтың мүддесіне сәйкес мифологем генерациясы және оны кеңінен тарату болып келетіні көрсетілген. Әсер етудің мұндай сипаты қолданыстағы әдістермен сәйкестендірілуі және жасырын мәнде болуы мүмкін екені айтылған. Ақпараттық айқас жүргізудің заманауи әдістерін күрделі жүйелер теориясының бүгінгі жетістіктері, әсіресе әлеуметтік он-лайн жүйелерімен ынталандырылатын өзін-өзі ұйымдастыру үдерісін талдау нәтижелерінде қолданылатыны ашып көрсетілген. Оның үлгісі ретінде жаңа саяси әуестену (футбол «жанкүйерлері» клубы, экстрималды күш ойындары әесқойларының клубы және т.б.) негізінде радикалдық бағыттағы топтардың құруылуын қарастыруға болады. Қарастырылып отырған ақпараттық ықпалды сәйкестендіру үшін дара мониторингілеу әдістерін әзірлеу қажеттігі анықталды. Мұндай әдістердің тиімділігі мониторингілеуді (тұтынушының белгілі бір затқа деген қызығушылығының аса маңызды көрсеткіші– затты сатып алуға дайындығы) қамтамасыз ететін құралдың коммерциялық табыстылығына тікелей байланысты. Мониторингілеуді қамтамасыз етуші коммерциялық өнімді хош иісті терапия әдістерін пайдалану арқылы іске асыру ыңғайлы екені туралы айтылған. Бұл әдістер тұтынушының психофизиологиялық күйіне (агрессияшылдығы мен ашушаңдығын басу және т.б.) түзетулер енгізуде қолданылады. Эфир майлары тобын тұтынушының белгілі бір психофизиологиялық күйіне байланысты қолдану хош иісті терапия тиімділігін елеулі арттыра түседі. Осыған орай, нақты тұтынушының психофизиологиялық күйі диагностикасын қамтамасыз ететін жүйені сыртқы жағымсыз ақпараттық әсерді анықтауда да қолдануға болады.

Transformation of methods of information warfare are analysed at the present time. It is shown that one of the most effective methods of manipulating the mass consciousness is the generation and dissemination of mythologems that meet the interests of the attacking side. It is shown that the effects of this kind can have a secretive character that is practically not identifiable by conventional methods. It is demonstrated that modern methods of information warfare actively use the latest achievements of the theory of complex systems, in particular, the results of analysis of the processes of self-organization, stimulated through social online networks. An example is the creation of radical groups based on non-political hobbies (Clubs of football «fans», clubs of fans of extreme power games and so on). It is established that the creation of non-trivial monitoring methods is necessary to identify information effects of the type considered. It is emphasised that the effectiveness of such methods is inextricably linked to the commercial success of the means providing for monitoring (The most significant indicator of the consumer's interest in a particular product is the willingness to pay for it). It is shown that a commercial product providing monitoring is conveniently implemented using aromatherapy methods. These methods are applicable for the correction of the psychophysiological state of the consumer (Decrease in aggression, irritability and so on). The use of a blend of essential oils, the composition of which varies depending on the current psychophysiological state of a particular user, significantly improves the effectiveness of aromatherapy. Accordingly, a system that provides diagnostics of the psychophysiological state of a particular consumer can be used in parallel to detect undesirable information impacts from outside.

ГРНТИ 20.59.19

А. Е. Танабаева¹, Ж. Х. Есбенбетова², Б. А. Серимбетов³

¹ст. науч. сотрудник, Лаборатория исследований профессиональных рисков, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», магистрант, специальность «Информационные системы», Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²магистр естественных наук, руководитель, Лаборатория исследований профессиональных рисков, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.т.н., зав. кафедрой «Информатика и прикладная экономика» Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, г. Астана, 010005, Республика Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В данной статье представлено описание возможности применения автоматизированной информационной системы «Управления профессиональными рисками» на предприятиях Республики Казахстан. С использованием современных информационных технологий данный программный продукт даст возможность автоматизировать рабочее место специалиста по безопасности и охране труда.

Основой автоматизированной информационной системы «Управления профессиональными рисками» является ранее разработанная научными сотрудниками Республиканского научно-исследовательского института по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения РК «Методика расчета степени индивидуального профессионального риска».

Применение данной методики обеспечит выявить вредные производственные факторы, оценить эффективность профилактических мероприятий, направленных на снижения профессиональных рисков.

Программный продукт позволит создать электронную базу данных для управления профессиональными рисками предприятия, выявлять и устранять опасности.

Ключевые слова: охрана труда, безопасные условия труда, профессиональные риски, управление профессиональными рисками, автоматизированная информационная система.

ВВЕДЕНИЕ

Для создания благоприятных и безопасных условий труда работодатель обязан в первую очередь принимать меры по предотвращению любых рисков на рабочих местах. Это прописано в Трудовом Кодексе Республики Казахстан 182 статья п.1. [1]

Одним из инструментов по предотвращению рисков является различные автоматизированные системы в области охраны труда разработанные на основе современных информационных технологии.

Республиканским научно-исследовательским институтом по охране труда Министерства труда Республики Казахстан был разработан программный продукт автоматизированная информационная система «Управление профессиональными рисками» [2]. Данный программный продукт выступает в качестве электронного контроля рисков на предприятии в области охраны труда.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Автоматизированная информационная система предназначена специалистам в области охраны труда для создания электронной базы данных по управлению профессиональными рисками на предприятий.

На основе централизованной базы данных создается единая автоматизированная система, которая обеспечивает формирование и хранение социальной карты работников предприятия, и их структурных подразделений. А также хранение данных расчетов по профессиональным рискам.

Формирование в единой базе данных информация о введенных данных позволит осуществлять:

1 учет, мониторинг, анализ и оценку риска по сведениям, содержащимся в центральной базе данных информационной системы, включая данные, загруженные из систем, эксплуатируемых на момент разработки;

2 учет, мониторинг, анализ оценки риска и эффективное использование данных при прогнозировании рисков, содержащихся в центральной базе данных информационной системы;

3 принятие мер, направленных на улучшение предотвращения рисков на предприятии.

Автоматизированная информационная система «Управление профессиональными рисками» включает в себя следующие модули:

- модуль «Карточка персонального учета работника»;
- модуль «Средства индивидуальной защиты и Инструменты» (выдача средств индивидуальной защиты, инструментов и контроль качества);
- модуль «Аттестация производственных объектов» (Сведение об аттестации производственных объектов и результаты инструментальных замеров);
- модуль «Регистрация данных о несчастных случаях» (Данные о травматизме по актам о несчастных случаях);
- модуль «Здоровье» (статистика по заболеваемости на основе листов временной нетрудоспособности, медосмотры, профессиональных заболеваний);
- модуль «Проверка по Безопасности и охране труда» (Данные о прохождении повышения квалификации и результатах ежемесячной проверки);
- модуль «Оборудование» (Техническое состояние оборудования);
- модуль формирования отчетных форм.

Модуль формирования отчетных форм автоматизирует создание и обработку существующих отчетов предприятия в области безопасности и охраны труда.

Информационная система содержит следующие виды отчетов:

1 Сведения о заболеваемости работников на предприятии за 3-летний период в разрезе структурных подразделений, которые включают следующие сведения:

- сведения о вероятности наступления заболеваемости работников от влияния вредных факторов;
- профессиональный риск для здоровья;

2 Сведения о произошедших несчастных случаях, травмирования и степени тяжести травматизма форма (акты).

Основные возможности службы охраны труда по применению автоматизированной информационной системы:

- осуществлять проверку рабочих мест;
- фиксировать нарушения сотрудников;
- устранять нарушения (согласно регламентам предприятия и нормативным правовым актам РК);
- следить за качеством и обеспеченностью СИЗ;
- вести учет медицинских осмотров сотрудников предприятия;

- вести учет и анализ листов временной нетрудоспособности работников;
- принимать решения о внесении изменений справочной информации системы;
- формировать отчетные формы;
- разрабатывать мероприятия по устранению недостатков;
- осуществлять прогнозирование рисков в области охраны труда и безопасности на доверенном филиале или структурного подразделения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, разработанная информационная система позволит предупредить несчастные случаи на производстве, улучшая условия труда работников и разрабатывать мероприятия по устранению опасностей. Также осуществлять прогнозирование профессиональных рисков в области охраны труда и безопасности на предприятии [3–5].

Следовательно, внедрение информационной системы позволит создать электронную базу данных для управления профессиональными рисками предприятия, своевременное выявление и устранение опасностей, быстрое реагирование на возникшие различные ситуации, снизить профессиональный риск, а также позволить снизить объем бумажного документооборота.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трудовой Кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13.06.2017 г.).

2 **Бисакаев, С. Г., Еселханова, Г. А., Танабаева, А. Е., Ли, В. Г.** Автоматизированная информационная система «Управление профессиональными рисками» // программа на ЭВМ// Астана, 2017.

3 **Бисакаев, С. Г., Абикенова, Ш. К., Есбенбетова, Ж. Х.** Методические рекомендации по внедрению системы управления профессиональными рисками на предприятии – Астана : РГКП «РНИИОТ МТСЗН РК», 2017. – 58 с.

4 **Бисакаев, С. Г., Абикенов, Ш. К., Есбенбетова, Ж. Х., Грибенко, Л. А., Абилов, А. К., Танабаева, А. Е., Сарыбаева, К. Д.** Методика расчета степени индивидуального профессионального риска // научное произведение // Астана, 2017.

5 **Бисакаев, С. Г., Абикенов, Ш. К., Есбенбетова, Ж. Х., Грибенко, Л. А., Танабаева, А. Е., Сарыбаева, К. Д.** Методика расчета интегрального показателя степени профессионального на предприятиях // научное произведение // Астана, 2017.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

А. Е. Танабаева¹, Ж. Х. Есбенбетова², Б. А. Серимбетов³

Қазақстан Республикасы кәсіпорындарының кәсіби тәуекелдерін басқарудағы ақпараттық технологияларды қолдану

^{1,2}Қазақстан Республикасының Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

³Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Астана қ., 010005, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

A. Tanabayeva¹, Zh. Yesbenbetova², B. Serimbetov³

Applications of information technology in the management of professional risks of enterprises of the Republic of Kazakhstan

^{1,2}Republican Scientific Research Institute for Labor Protection of the Ministry of Labor and Social Protection of Population of the Republic of Kazakhstan, Astana, 010000 Republic of Kazakhstan;

³The Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Astana, 010005, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Бұл мақалада Қазақстан Республикасының кәсіпорындарында «Кәсіби тәуекелдерді басқару» автоматтандырылған ақпараттық жүйесін қолдану мүмкіндігін 34 сипаттамасы берілген. Қазіргі заманғы ақпараттық технологияларды пайдалана отырып, бұл бағдарламалық өнім еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау жөніндегі маманның жұмыс орнын автоматтандыруға мүмкіндік береді.

«Кәсіби тәуекелдерді басқару» автоматтандырылған ақпараттық жүйесінің негізі ҚР Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты қызметкерлерімен бұрын әзірленген «Жеке кәсіби тәуекел дәрежесін есептеу әдістемесі» болып табылады.

Осы әдістемені қолдану зиянды өндірістік факторларды анықтауды, кәсіби тәуекелдерді төмендетуге бағытталған алдын алу іс-шараларының тиімділігін бағалауды қамтамасыз етеді.

Бағдарламалық өнім кәсіпорының кәсіби тәуекелдерін басқару үшін электрондық деректер базасын құруға, қауіптерді анықтауға және жоюға мүмкіндік береді.

This article describes the possibility of using the automated information system «Management of professional risks» at enterprises of the Republic of Kazakhstan. With the use of modern information technologies, this software product will make it possible to automate the workplace of a specialist in occupational safety and health.

The basis of the automated information system «Management of professional risks» is the «Methodology for calculating the degree of individual occupational risk», previously developed by researchers of the Republican Scientific Research Institute for Labor Protection of the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan.

The application of this technique will ensure the identification of harmful production factors, evaluate the effectiveness of preventive measures aimed at reducing occupational risks.

The software product will create an electronic database for managing professional risks of the enterprise, identify and eliminate hazards.

FTAMP 691:666

**П. Ә. Таңжарықов¹, Г. Б. Амангелдиева²,
Ж. С. Сейілбекова³, Қ. Сұлтан⁴**

¹т.ғ.к., профессор, Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда қ., 120008, Қазақстан Республикасы;

²магистр, оқытушы, Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда қ., 120008, Қазақстан Республикасы;

³магистрант, Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда қ., 120008, Қазақстан Республикасы;

⁴магистрант, Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда қ., 120008, Қазақстан Республикасы

e-mail: ¹Pan_19600214@mail.ru; ²amangeldieva74@mail.ru;

³janerke_94_94@mail.ru; ⁴janerke_94_94@mail.ru

СҰЙЫҚ МҰНАЙЛЫ ЭМУЛЬСИЯНЫ ТАСЫМАЛДАЙТЫН ҚҰБЫРЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ КЕЗІНДЕГІ КОРРОЗИЯ ЖЫЛДАМДЫҒЫН АНЫҚТАУ

Бұл мақалада сұйық мұнайлы эмульсияны тасымалдайтын құбырларды пайдалану кезіндегі коррозия жылдамдығын анықтау жолдары көрсетілген. Судың минералдануы кезіндегі коррозия жылдамдығын арттыру жолдары әсекеше талданды. Көміртекті болаттың түрлі газдардың қатысуымен қатаң және сілтілі түрдегі су әсерінен коррозия жылдамдығының өзгеруі талданған. Судың минералдану деңгейі коррозия жылдамдығын арттыруға әсер етуі көрсетілген.

Кілтті сөздер: коррозия жылдамдығы, минералды тұздар, аэрация, сутегі, оттегі көлемі.

Мұнай және газ кен орындарының қабат сулары негізінен натрий хлориді және кальций хлоридінің жоғары минералды тұздары болып табылады, бірақ сутегі сульфидінің көміртегі қос тотықты газы немесе оттегі болмаған кезінде, ұңғымалардың болат жабдықтарына коррозиялық әсері нашар болады. Бұл газдарда немесе суда оттегінің пайда болуы, коррозиялық белсенділікті күрт көтереді.

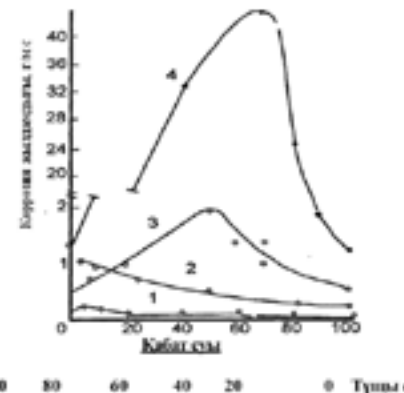
Көміртекті болаттың (0,3 %) түрлі газдардың қатысуымен қатаң және сілтілі түрдегі су әсерінен коррозия жылдамдығының өзгеруі 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – түрлі газдардың қатысуымен көміртекті болаттың судағы коррозия жылдамдығы

Су дың сипаттамасы	Химиялық құрамы, %				Коррозия жылдамдығы, г/(м ² ×сағ.)			
	CL ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	O ₂ қатысынсыз	O ₂	O ₂ +CO ₂	o ₂ +H ₂ S
қатты	7,588	0,048	0,404	0,193	0,071	0,191	0,483	0,66-2,63
сілтілі	0,523	0.164	0,0007	0,0158	0,027	0,086	0358	1,46-6,66

Кестеден көрініп тұрғандай, қатты судағы статикалық жағдайлар кезінде болаттың коррозиясы сілтілікке қарағанда үлкен екені байқалады. Аэрация кезінде коррозия жылдамдығы артады, бірақ коррозия жылдамдығы арасындағы айырмашылық аз, ал көміртегі диоксиді қосылғаннан кейін екі суда да тотығу жылдамдығы теңеседі. Сутек сульфидін қосқанда, сілтілік сулардағы коррозия деңгейі қатаңға қарағанда үлкен болады.

Әртүрлі мөлшердегі қабаттық және тұщы сулардың (тұз концентраты) және ортаның қозғалу жылдамдығына (оттегінің түсуі) байланысты коррозия жылдамдығының әсері 1-суретте келтірілген [2]. Судың минералдануы коррозия жылдамдығын арттырып, ең жоғары деңгейден өткен соң төмендей бастайды. Минералдану жылдамдығының өсуіне байланысты, ең жоғары мән де өсе бастайды. Сонымен қатар коррозия жылдамдығының максимумы минерализацияланған судың жоғары аумағына қарай ауысады. Су фазасындағы сутегі сульфидінің және көмірқышқыл газының қатысуымен коррозия жылдамдығының күрт артуы, осы қышқыл газдардың электрохимиялық реакциялардың табиғатына әсер етуімен байланысты. Көмірсутегілік қарқынды коррозиялық қирауымен қатар, болаттың шытынау коррозиясы пайда бола бастайды. Коррозияның қатты зақымдануына қоса, сутегі сульфиді болаттардың коррозиялануын тудырады. Қышқыл ортадағы катодтық реакцияның өнімі ретінде атомдық сутегі жоғары (D=10⁻⁹м²/с) кернеуліктен сымның негізгі бөлігінен, ішкі кернеулердің шоғырлану орындарында жинақталған және кристалданудың кемшіліктеріне байланысты таралады. Металды тесіктер түрінде кемшіліктері-атомдық сутегі үшін «тұзақ» болады, онда оларда жазықтық қысымды қалыптастыру 400МПа-ға дейін мольдік өзгеріс пайда болады [3]. Су фазасындағы сутегі сульфидінің және көмірқышқыл газының қатысуымен коррозия жылдамдығының күрт артуы, осы қышқыл газдардың электрохимиялық реакциялардың табиғатына әсерімен байланысты. Болаттың күкіртсутекті (сульфидті) шытынауы кенеттен, белгілі бір жерде қондырғының көзге көрінбейтін басқа аумақтарында жүреді.



Мұндағы: 1-қалыпты жағдайда, 2-араластырғыштың айналу жиілігі 150мин⁻¹, 3-араластырғыштың айналу жиілігі 600 мин⁻¹, 4-циркуляция 33м/с.

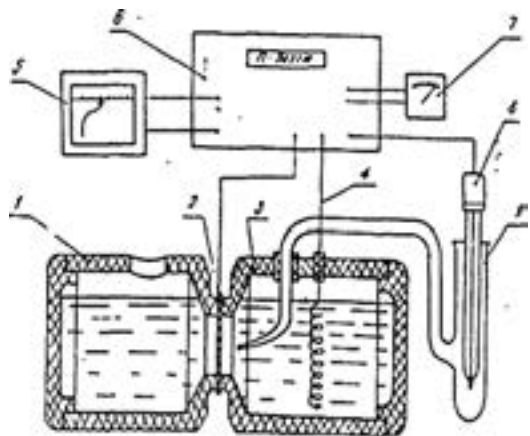
Сурет 1 – Ст3 болаттың ортаның минералдануына және оның араласу қарқыны мен коррозия жылдамдығына байланысты тәуелділік графигі

Судың минералдануы коррозия жылдамдығын арттырып, ең жоғары деңгейден өткен соң төмендей бастайды. Минералдану жылдамдығының өсуіне байланысты, ең жоғары мән де өсе бастайды. Сонымен қатар коррозия жылдамдығының максимумы минерализацияланған судың жоғары аумағына қарай ауысады. Су фазасындағы сутегі сульфидінің және көмірқышқыл газының қатысуымен коррозия жылдамдығының күрт артуы, осы қышқыл газдардың электрохимиялық реакциялардың табиғатына әсер етуімен байланысты. Көмірсутегілік қарқынды коррозиялық қирауымен қатар, болаттың шытынау коррозиясы пайда бола бастайды. Коррозияның қатты зақымдануына қоса, сутегі сульфиді болаттардың коррозиялануын тудырады.

Сұйық мұнайлы эмульсияны тасымалдайтын құбырларды пайдалану кезінде, олар қысымның, температураның, пульсацияның өзгеруіне байланысты жиілігі төмен қайтамала статикалық жүктемелерге ұшырауы мүмкін. Сынау жұмыстарын [4] арнайы қондырғыда жүргіздік. Циклдік кернеуді бір шеті мықты бекітілген және агрессивті орта құйылған ұяшыққа салынған жалпақ үлгіні симметриялы иілдіре отырып, жиілігі минутына 500 цикл, циклдік кернеу жасадық, Сынаққа арналған үлгілер 10x100x1мм жалпақ пластина түрінде алынды. Ингибиторлардың әсерінің тиімділігін тоттанудан бөліну әсерінің шамасы бойынша есептедік:

$$\alpha = \frac{N}{n}$$

мұнда N және n құрамында ингибитор бар және жоқ қабат суына белгілі деңгейде батырылуының бұзылуына дейінгі циклдер саны. Болат мембрана арқылы өтетін сутегінің диффузиясы 1-суретте келтірілген ұяшықтар кескіні бойынша анықталды. Сутегінің енуі мембрананың келесі бетіндегі агрессивті ерітіндімен байланыспайтын, потенциалдың өзгеруіне байланысты анықталды. Мембрананың қалыңдығы 1 мм, диаметрі 50 мм.



1 – жұмыс ұяшығы, 2 – үлгі мембрана, 3 – өлшеуіш ұяшық,
4 – қосалқы платиналық электрод, 5 – электронды потенциалметр КСПЭ;
6 – потенциостат; 7 – микроамперметр; 8 – салыстыру электроды;
9 – электролитті кілт.

Сурет 2 – Болат мембрана арқылы сутегінің диффузиясын зерттеуге арналған ұяшықтың схемасы

Тоттандырғыш шөгінділердің химиялық құрамын, JSM-35 электронды микроскопқа жалғанған Link энергодисперстік 25-каналдық приставка арқылы энергодисперстік талдау әдісімен анықтадық. Шөгіндінің жалпы химиялық құрамын анықтау кезінде біртегізде талдауды 14 элемент (Fe, Cr, Ni, Mn, Si, Al, Ca, K, S, Cl, Na, Mg, Ti, P) бойынша анықталды. Оттегінің көлемі үлгілердің темір элементтерінің тотығу деңгейін есепке ала отырып, анықталды. Талдау жасалатын элементтерді таңдау, олардың тоттану процесінде темірден шығуы және суландырылған мұнайдың шөгінділеріне түсу мүмкіндігіне байланысты.

Талдауды 20кВ катодтағы жоғары кернеу бойынша жүргіздік. Электрон шоғырының диаметрі 1мкм, шоғырдың темірге ену тереңдігі 1мкм құрады. Талдау жасалатын объектінің типіне қарай, талдау жасалған көлем 2000x2000x1 мкм (беті бойынша орташа талдау) және 1x1x1 мкм (нүктедегі

жекелеген бөліктерді талдау) құрайды. Металдың құрамын жалпы сандық талдау кезінде сигналды жинау уақыты 150–200с (беті бойынша орташа талдау) және нүктеде талдау жүргізу кезінде 50с құрады. Талдау жүргізілетін объектінің сызықтық көлемдері 2мкм төмен болса, талдау нәтижелері жартылай сандық деп саналады. Сапалық талдау кезінде сигналды жинау уақыты 5–10с құраған. Сандық талдау нәтижелері сан түрінде көрсетілді. [5] сәйкес, энергодисперстік әдістің жоғары сезімталдығы 10^{-3} масса % құрады. Сандық талдаудың нәтижелерін өңдеу кезінде орташа квадратты қатеден аспайтын элементтердің концентрациясын алдық. Кестелерде талдау нәтижелерін сандық шамаларын үтірден кейін екі таңбаға дейін жуықтадық. Зерттелетін үлгінің бетін алдын ала 300×1000 үлкейтетін электронды микроскоп арқылы қарап алдық. Одан кейін электрон шоғырларын талдау жасалатын объектіге жақындатып, оған талдау жасадық. Алынған спектрлерге СоКа сызығы бойынша калибровка жасалынды. Бірқатар жағдайда талдау жасалатын объектілер суретке түсірілді. Фазалық бөлінулердің табиғаты туралы қорытындыны олардың химиялық құрамын сандық талдау нәтижелерінің және көміртекті және аз қоспалы болаттардағы болуы мүмкін фазалық бөлінулердің табиғаты туралы әдебиет деректерінің негізінде жасалды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 Байков, И. Р., Смородов, Е. А., Смородова, О. В. Применение методов теории самоорганизации в диагностике технического состояния механизмов. // Изв. ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2000. – № 1–2. – С. 96–100.
- 2 Байков, И. Р., Смородов, Е. А., Смородова, О. В. Моделирование отказов газоперекачивающих агрегатов методом Монте-Карло. // Газовая промышленность. – 2000. – № 2. – С. 20–22.
- 3 Байков, И. Р., Смородов, Е. А., Деев, В. Г. Математическое моделирование отказов насосно силового оборудования нефтедобывающих промыслов. // Горный вестник. – 2000. – № 3. – С. 51–54.
- 4 Смородов, Е. А., Деев, В. Г. Оценка качества фонда нефтедобывающих скважин. // Проблемы нефтегазовой отрасли. Материалы межрегион. Науч. – метод. конф. – Уфа. – 2000. – С. 95–97.
- 5 Гутман, Э. М., Низамов, К. Р., Гетманский, М. Д. Защита нефтепромысловых оборудований от коррозии. – М., Недра. – 1983. – 152 с.
- 6 Медведев, А. П. Безопасность труда в промышленности. – 1997. – № 2. – 4 с.

7 **Миронов, Е. А.** Закачка сточных вод нефтяных месторождений в продуктивные и поглощающие горизонты. – Недра, 1986. – 169 с.

8 **Пушкина, С. В., Романов, В. В., Шевелева, Г. В.** Передовой научно-технический и производственный опыт. – ГОСИНТИ, 1964. – № 18. – 9 с.

9 РД 39-132-94. Правила эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов. – М., 1994. – 6 с.

10 **Сорокин, Г. М., Ефремов, А. П., Саакян, Л. С.** Коррозионно-механическое изнашивание сталей и сплавов. // Нефть и газ. – 2002. – С. 105–165.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

П. А. Танжариков¹, Г. Б. Амангелдиева², Ж. С. Сейлбекова³, К. Султан⁴

Определение скорости коррозии при использовании жидкостных нефтяных эмульсионных трубопроводов

Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата,
г. Кызылорда, 120008, Республика Казахстан.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

P. A. Tanzharykov¹, G. B. Amangeldieva², Zh. S. Seilbekova³, K. Sultan⁴

Determination of corrosion rate when using liquid oil emulsion pipelines

Korkut Ata Kyzylorda State University,
Kyzylorda, 120008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

В этой статье показаны способы определения скорости коррозии при использовании жидкостных масляных эмульсионных труб. Проанализированы способы увеличения скорости коррозии во время минерализации воды. Проанализирован анализ коррозионной скорости углеродистой стали с присутствием газообразной и жесткой щелочной воды. На уровень минерализации воды влияет скорость коррозии.

This article shows how to determine the corrosion rate when using liquid oil emulsion tubes. Analyzed ways to increase the rate of corrosion during water mineralization. The analysis of the corrosion rate of carbon steel with the presence of gaseous and hard alkaline water is analyzed. The rate of corrosion affects the level of water salinity.

ГРНТИ 44.29.29

Г. М. Тютеебаева¹, С. Т. Абишев²

¹к.т.н., ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²магистр, Энергетический факультет, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ¹galiatyutebayeva@gmail.com; ²sagyn-95@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ Г. КОКШЕТАУ

На сегодняшний день в городе Кокшетау наблюдается недостаточное количество тепловой энергии, которое производится на угольных котельных РК-1, РК-2, областной больницы и областной СЭС города. Нет собственного источника электропередач. Так же в городе Кокшетау отсутствует круглосуточное централизованное горячее водоснабжение.

Повышение эффективности централизованного теплоснабжения достигается за счет обеспечения нормативного температурного съема тепловой энергии в системах отопления объектов потребителей. Применение метода математического моделирования процессов водяного теплоснабжения объектов, подключенных по зависимой схеме к питающей сети, позволяет выявить ряд условий, при соблюдении которых можно решить ряд задач по повышению эффективности теплоснабжения. Завышенный массовый расход и заниженный съём определяют низкую эффективность теплоснабжения. Поэтому применение метода математического моделирования процессов водяного теплоснабжения объектов для решения задач по повышению эффективности теплоснабжения является актуальным.

Ключевые слова: Энергосбережение, комбинированная выработка, конденсационная выработка, пусковые схемы, режимы эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

Учитывая то, что верхние линии электропередач г. Кокшетау берут свое начало от города Экибастуз, имеются большие потери электроэнергии при транспортировке по ЛЭП.

Котлы устарели и имеются большие затраты на реконструкцию производства. В целях энергосбережения и повышения эффективности тепловой нагрузки, планируется строительство ТЭЦ в городе Кокшетау. Также можно будет обеспечить электроэнергией близлежащие Енбекшильдерский, Зерендийский и Бурабайский районы.

Это даст возможность решить многие социальные проблемы, такие, как снижение тарифов на воду, тепло и свет.

По показателям, характеризующих рост промышленного производства, в 2005 году в городе Кокшетау насчитывалось 120 действующих, промышленных предприятий, в том числе 24 средних и крупных и 96 малых.

К тому же, по данным генерального плана города Кокшетау 2020 г. планируется увеличение всего жилищного фонда города до 3434,2 тыс.м², в том числе 238,94 га промышленного производства.

На основании увеличения численности населения, расширения крупных инфраструктурных комплексов и роста промышленных предприятия, повышается потребность в увеличении тепловой нагрузки.

В связи с этим встал вопрос о модернизации системы теплоснабжения г. Кокшетау.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Оценим потребность города в тепловой энергии.

В г. Кокшетау ведется интенсивное жилищное строительство, появляются новые кварталы с многоэтажной застройкой. На 01.01.2016 года численность населения составляет 160 тыс. человек. По прогнозам до 2020 года численность в городе увеличится до 185–200 тыс. человек. К 2020 году общая тепловая нагрузка достигнет 429,3 Гкал/час. Для расчета принимается не менее 430 Гкал/час.

Основными потребителями тепловой энергии в городе являются коммунальный сектор, общественные и ведомственные здания, предприятия промышленного комплекса. Для отопления, теплоснабжения систем вентиляции и горячего водоснабжения тепловая энергия отпускается в виде горячей воды по температурному графику 120/70 °С с расчетным давлением 12 кгс/см².

Продолжительность отопительного периода в г. Кокшетау составляет 5160 ч/год.

Оценим потребность города в электроэнергии.

В настоящее время г. Кокшетау не имеет собственных генерирующих электрических мощностей. Электроснабжение г. Кокшетау осуществляется из энергосистемы РК на напряжении 110 кВ от подстанции КГПП принадлежащей АО «KEGOC». Дальнейшее распределение электроэнергии

осуществляется по линиям 110 кВ и ниже, принадлежащих ТОО «Кокшетау Энерго»;

- существующие нагрузки г. Кокшетау: 80 МВт – зимний максимум, 50 МВт – летний минимум.

- перспективные нагрузки г. Кокшетау на 2020 год составят 100 МВт.

Оценим ресурсы топлива для энергоисточника.

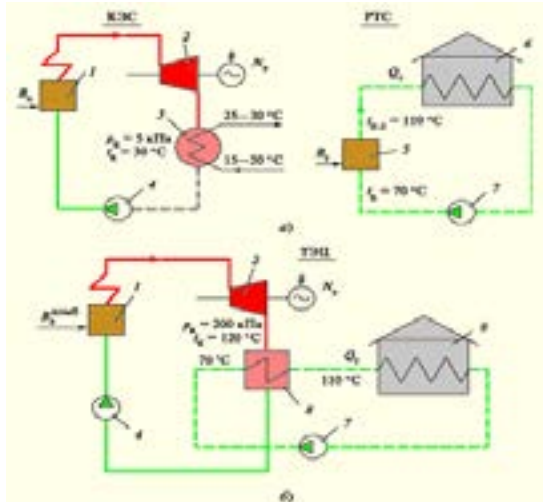
Основным прямым производителем поставляемого твердого топлива для энергоисточников города Кокшетау являются ОАО «Евроазиатская энергетическая корпорация» и ТОО «Богатырь Аксес Комир». К использованию в качестве основного топлива рекомендуется уголь Экибастузского каменноугольного бассейна разреза «Богатырь», расположенного в 130 км от областного центра г. Павлодара.

Различают два способа выработки электрической энергии: комбинированный на ТЭЦ и отдельный на конденсационной электрической станции (КЭС) и в котельной. Централизованное теплоснабжение на базе комбинированной, совместной выработки тепловой и электрической энергии называется теплофикацией. Теплофикация является высшей формой централизованного теплоснабжения.

При комбинированном способе энтальпия пара используется вначале для выработки электрической энергии, а затем тепловая энергия частично отработавшего пара используется для централизованного теплоснабжения.

В реальных условиях с учетом дополнительных потерь КПД КЭС не превышает 35–40 %, а КПД ТЭЦ – 80 %.

При комбинированном способе удельный расход топлива на выработку электрической энергии получается значительно меньше, чем при отдельном.



1 – энергетический котел; 2 – паровая турбина; 3 – конденсатор;
 4 – питательный насос; 5 – водогрейный котел; 6 – потребитель тепла;
 7 – сетевой насос; 8 – сетевой подогреватель;
 Рисунок 1 – Схемы раздельной (а) и комбинированной (б) выработки
 тепла и электроэнергии.

Производственная площадка строительства ТЭЦ в г. Кокшетау будет находиться в Северной промзоне.

ТЭЦ будет размещаться в городской черте г. Кокшетау в промышленной зоне с нормативной санитарно-защитной зоной 500 м.

Система технического водоснабжения выбрана оборотная. Источником подпитки системы охлаждения ТЭЦ является забор воды из Кокшетауского группового водопровода (КГВ) от Сергеевского водохранилища.

Котельные установки должны будут обеспечить концентрации загрязняющих веществ в уходящих дымовых газах после газоочистительных устройств в следующих пределах:

- по твердым частицам золы – не более 50 мг/нм³;
- по оксидам азота – не более 470 мг/нм³;
- по оксидам серы – не более 200 мг/нм³;

Необходимо будет предусмотреть механизированный склад угля емкостью не менее 30 суточного потребления всех котлов при номинальной производительности и предусмотреть растопочный склад мазута.

Систему оборотного гидрозолошлакоудаления предусмотреть с возможностью складирования и отгрузки сухой золы в железнодорожный

и автотранспорт. А также использовать современные технологии водоподготовки подпитки котлов и теплосети.

Таким образом для решения вопросов энергоснабжения г. Кокшетау в ближайшее время планируется строительство современной промышленно-отопительной угольной ТЭЦ, с установкой теплофикационных паротурбинных установок.

Особые трудности при эксплуатации электростанции возникают при прохождении максимальных и минимальных нагрузок.

Суточный график электрических нагрузок, как известно, отличается значительной неравномерностью и имеет пики: утренний и вечерний максимумы и провалы нагрузки (особенно глубокий ночной провал). Прохождение провалов нагрузки возможно путем разгрузки турбин, останова части турбин и работы турбин в моторном режиме. Актуальность вопроса возрастает по мере вовлечения все большего количества машин к регулированию графика электрических нагрузок энергосистем. Эти режимы влияют на истощение ресурса работы турбин, как основного элемента теплофикационной паротурбинной установки (ТПТУ). Число дефектов в пусковых режимах турбоустановки в четыре раза превышает число дефектов при обычной эксплуатации.

Совершенствование пусковых схем и режимов развивалось параллельно с созданием новых паротурбинных установок. Основу этих работ составлял поиск путей сокращения пусковых потерь и повышения надежности пускаемых турбоустановок. Поэтому важным событием стала разработка в 1971 году типовой пусковой схемы энергоблоков, что позволило на 30 % сократить пусковые потери, унифицировать режимы пусков из различных тепловых состояний и повысить надежность оборудования.

К концу 70-х годов наметились основные направления совершенствования пусковых схем и режимов турбоустановки. Их можно обобщить следующим образом:

- дальнейшее совмещение пусковых операций с целью сокращения общего времени пуска;
- пуск турбины паром скользящих параметров;
- применение схем обогрева фланцев и шпилек ЦВД, как основной части турбины, лимитирующей ее пусковые характеристики;

Значительные подвижки в совершенствовании пусков турбоустановок коснулись в основном блочных машин, нашедшие свое решение в типовой технологии их пусков. Иначе обстояло дело с пусками неблочных турбоустановок, пускаемых по заводским технологиям свежим паром. Такие пуски отличаются низкой эффективностью и требуют разработки новых технологий. Новые технологии пусков неблочных турбоустановок

на протяжении последних трех десятилетий разрабатывались белорусскими энергетиками. Практически на всех белорусских ТЭЦ внедрены и подтвердили свой высокий уровень технологии пуска паром скользящих параметров, основу которых составляет пароприготовительное устройство (ППУ), обеспечивающее получение оптимальных параметров пара перед турбиной при пусках из любых тепловых состояний. Дополнение заводских систем обогрева фланцев ЦВД новой системой с выполнением специальных коробов впервые реализованной специалистами «Белэнергоремонтналадка» стало типовым решением на новых теплофикационных турбинах.

Существующие технологии пуска теплофикационных паротурбинных установок в большинстве своем пускаемых по неблочной схеме, не отвечают требованиям обеспечения надежности и экономичности их работы. Так пуск по заводской технологии свежим паром может приводить к значительным (до 3000 С и более) превышениями температур пара над температурой металла. Это вызывает большие градиенты температур и напряжений в толстостенных элементах турбин, увеличивает до недопустимых значений относительные удлинения ротора, приводит к недопустимым разностям температур «верх-низ» ЦВД, перегревает выхлопную часть ЦВД на малорасходных режимах, и, как результат, приводит к быстрому исчерпанию моторесурса турбин и значительным затратам топлива на пуски. Подтверждение этому приводится в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели пуска ППУ из холодного состояния с турбиной ПТ-60-130/13 по штатной технологии (подачей свежего пара в паровпуск ЦВД)

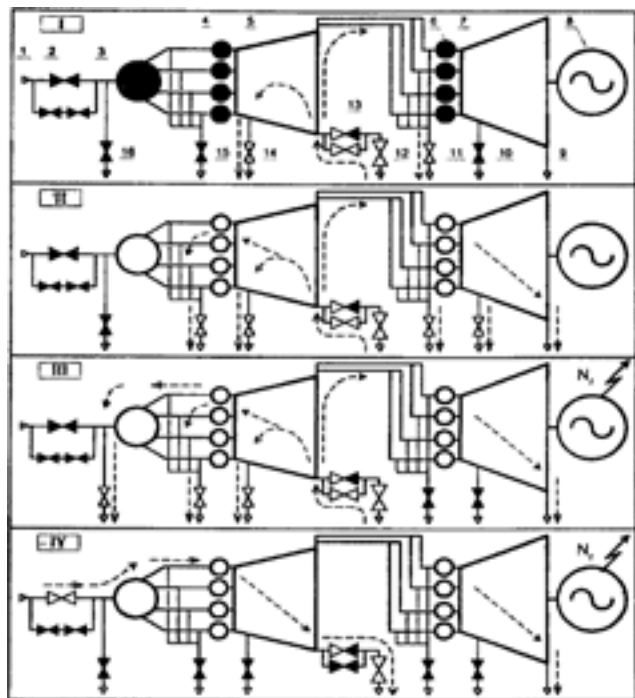
№п/п	Основные пусковые показатели и их размерность	Численные значения
1	Время разворота ротора до $n=50 \text{ с}^{-1}$, часов	4,0
2	Продолжительность прогрева до синхронизации, часов	2,0
3	Продолжительность нагружения до 15 МВт, часов	1,5
4	Общее время пуска до 15 МВт, часов	7,5
5	Разность температур металла в контролируемых элементах на момент начала толчка ротора/нагружения, °С	
	ЦВД в камере регулирующей ступени	115/350
	ЦВД в зоне 12-ой шпильки	110/260
	ЦВД в зоне выхлопа	100/320
	ЦВД в зоне камеры регулирующей ступени	110/260

При наборе активной нагрузки возникают дополнительные напряжения в металле из-за изменения температур пара, связанных уже с повышением его расхода. Все это вместе взятое приводит к быстрому исчерпанию ресурса машин, пускаемых по заводской технологии свежим паром, отказам оборудования и значительным психологическим перегрузкам эксплуатационного персонала.

Накопленный опыт по применению новой технологии пуска противоаварийных турбин с прогревом их противопоточным потоком пара в моторном режиме, а также проведенный большой объем расчетно-теоретических исследований позволили обосновать возможность распространения новой технологии пуска на машины более высокого класса. Такой машиной была определена широко распространенная на ТЭЦ турбина ПОТ ЛМЗ типа ПТ-60-130/13. Систематизация этапов пуска этой турбины по новой технологии представлена на рисунке 2.

Предтолчковый прогрев турбины осуществляется паром 1,29 МПа подачей его в выхлоп ЦВД и паровпуск ЦНД (I). Толчок ротора осуществляется увеличением подачи пара из коллектора 1,29 МПа в паровпуск ЦНД с быстрым за 10...15 минут повышением оборотов ротора до номинальной величины и синхронизацией генератора без какой-либо задержки (II). Нагружением ЦНД турбины осуществляется стабилизация его выхлопа, а ЦВД при этом прогревается противоточным потоком пара, отводимым через его дренажи спереди (III). По окончании прогрева ЦВД дальнейшее нагружение турбины осуществляется подачей свежего пара в паровпуск ЦВД, то есть обычным образом (IV).

Новая технология пуска турбины позволяет сократить общую его продолжительность. Так подача низкопотенциального пара в паровпуск ЦНД обеспечивает выход на номинальную частоту за 10...15 минут при оптимальных значениях всех критериев пуска, в то время как при пуске свежим паром номинальных параметров подачей его в паровпуск ЦВД этот этап заканчивается до 1,5...2,0 часов при одновременно больших разностях температур пара и металла, особенно в ЦВД и, естественно, при больших напряжениях в наиболее уязвимых его элементах. Прогрев ЦВД в моторном режиме благоприятствует соблюдению оптимальных значений критериев надежности при одновременно высокой интенсивности прогрева турбины.



I – трубопровод свежего пара; 2 – главная паровая задвижка; 3 – стопорный клапан; 4,6 – регулирующие клапаны; 5 – ЦВД; 7 – ЦНД; 8 – генератор; 9 – выхлоп в конденсатор; 10,14 – дренажные линии из камеры регулирующей ступени ЦНД и ЦВД; 11, 15 – дренажные линии перепускных труб ЦНД и ЦВД; 12 – в общестанционный коллектор пара на производственные нужды; 13– клапан обратный; 16 – линия обеспаривания стопорного клапана.

Рисунок 2 – Пуск теплофикационных турбин с подачей пара в промежуточную ступень

Этапы: I – предпусковой прогрев турбины; II – толчок и разворот ротора, синхронизация и включение генератора в сеть, нагружение турбины за счёт ЦНД; III – прогрев ЦВД турбины моторном режиме; IV – переход на свежий пар и взятие нагрузки; → – направление пусковых потоков пара: открытое положение запорных и регулирующих органов-светлое, затененное-закрытое положение.

Разработанная новая технология пуска турбин являясь универсальной для любых исходных тепловых состояний их, в то же время легко может

быть перенесена на более мощные машины. Результаты отработки новой технологии пуска турбины ПТ– 60-130/13 обобщены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные показатели пуска ТПТУ из холодного состояния с турбиной ПТ-60-130/13 по новой технологии

№п/п	Основные пусковые показатели	Продолжительность, часов
1	Прогрев ЦВД и перепускных труб ЦНД паром из коллектора собственных нужд 1,29 МПа	0,5
2	Толчок ротора подачей пара из коллектора собственных нужд 1,29 МПа в ЦНД с выдержкой на 500 об/мин для прослушивания	0,17
3	Повышение частоты вращения ротора до номинальной	0,17
4	Холостой ход, синхронизация, включение генератора в сеть	0,12
5	Прогрев ЦВД в моторном режиме	3,0
6	Перевод ЦВД на прямую подачу в турбину свежего пара	0,25
7	Нагружение турбины до номинальной мощности	1,0
8	Общая продолжительность пуска	5,17

Анализ этих результатов убедительно подтверждает преимущества новой технологии пуска ТПТУ. Оценка технико-экономических расчетов внедрения новой технологии пуска теплофикационных паротурбинных установок дала следующие результаты: общее сокращение времени пуска турбоустановки составило до 30 %, экономия топлива около 0,5 т.у.т. на один пуско/МВт мощности машины и экономию моторесурса пускаемой машины до 45...55 %.

ВЫВОДЫ

1 Совершенствование системы энергоснабжения г. Кокшетау целесообразно вести с использованием преимуществ теплофикации; в связи с этим рекомендуется строительство в г. Кокшетау промышленно-отопительной ТЭЦ;

2 С учетом разуплотнения графика электрических нагрузок, рекомендуется использование технологии пуска паром скользящих параметров с подачей его в выхлоп ЦВД и паровпуск ЦНД, с прогревом ЦВД

потоком пара в моторном режиме. Эта технология пуска имеет существенные преимущества перед традиционной технологией пуска теплофикационных турбин;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Кульков, Э. И., Таращук, М. Г.** Повышение мобильности неблочных турбин с применением низкопотенциального пара для пуска и ускоренного расхолаживания. – Теплоэнергетика. – № 3. – 1971. – С. 45–48.

2 Ускоренное расхолаживание и пуск неблочных турбин отборным паром / Э. И. Кульков, М. Г. Таращук, В. В. Иванов // Энергетик. – 1972. – № 7. – С. 12–13.

3 Совершенствование пусковых графиков турбин неблочного типа / А. Д. Трухний, К. Шредер, А. А. Кочетов // Электрические станции. – 1981. – № 12. – С. 28–32.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Г. М. Тютеебаева¹, С. Т. Абишев²

Көкшетау қаласын энергиямен қамтамасыз ету жүйесін жетілдіру

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

G. M. Tyutebayeva¹, S. T. Abishev²

Improving the energy performance of Kokshetau city

^{1,2}Power Faculty,

Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Бүгінгі күні Көкшетау қаласында жылу энергиясының жеткіліксіз саны байқалады, ол АҚ-1, АҚ-2 Көмір қазандықтарында, облыстық ауруханаларда және қаланың облыстық СЭС-да өндіріледі. Жеке электр беру көзі жоқ. Сондай-ақ Көкшетау қаласында тәулік бойы орталықтандырылған ыстық сумен жабдықтау жоқ.

Орталықтандырылған жылумен жабдықтаудың тиімділігін арттыруға тұтынушылар объектілерін жылыту жүйелерінде жылу энергиясының нормативтік температуралық алынуын қамтамасыз

ету есебінен қол жеткізіледі. Қоректендіргіш желіге тәуелді схема бойынша қосылған объектілерді сумен жылумен жабдықтау процестерін математикалық модельдеу әдісін қолдану, оларды сақтау кезінде жылумен жабдықтау тиімділігін арттыру бойынша бірқатар міндеттерді шешуге болатын бірқатар жағдайларды анықтауға мүмкіндік береді. Жоғары массалық шығын және төмендетілген түсіру жылумен жабдықтаудың төмен тиімділігін анықтайды. Сондықтан жылумен жабдықтаудың тиімділігін арттыру бойынша міндеттерді шешу үшін объектілерді сумен жабдықтау процестерін математикалық модельдеу әдісін қолдану өзекті болып табылады.

Today in the city of Kokshetau there is an insufficient amount of thermal energy, which is produced at coal boilers RK-1, RK-2, regional hospital and regional SES of the city. There is no own power source. Also, in the city of Kokshetau there is no round-the-clock centralized hot water supply.

Increasing the efficiency of district heating is achieved by providing a standard temperature removal of thermal energy in heating systems of consumer facilities. Application of the method of mathematical modeling of processes of water heat supply of the objects connected on the dependent scheme to the power supply network allows to reveal a number of conditions at which observance it is possible to solve a number of problems on increase of heat supply efficiency. Overestimated mass consumption and understated removal determine the low efficiency of heat supply. Therefore, the application of the method of mathematical modeling of water heat supply of objects to solve problems to improve the efficiency of heat supply is relevant.

Г. М. Тютеебаева¹, А. К. Айдилин²

¹к.т.н., ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²магистрант, Энергетический факультет, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ¹galiatyutebayeva@gmail.com, ²aidilino@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗДЕАЭРАТОРНЫХ СИСТЕМ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

В статье рассмотрены основные причины внедрения и использования бездеаэрационных систем водоподготовки на тепловых электрических станциях. Рассмотрены схемы повышения надежности и экономичности работы бездеаэрационных систем. Также отмечены их обязательные элементы и недостатки таких систем. Отмечается то оптимизация деаэрации питательной воды позволит уменьшить количество вредных газов в воде при понижении нагрузки ТЭС, тем самым увеличив срок эксплуатации энергетического оборудования.

Ключевые слова: БДС (бездеаэрационная система), подогреватель низкого давления, деаэрация, дресселирование, коррозия.

ВВЕДЕНИЕ

Экономический рост в современных условиях невозможен без дальнейшего развития электроэнергетической базы. Вполне очевидно, что основой такого развития ещё длительное время будет тепловая энергетика, которая также тесно связана с теплоснабжением населения и промышленных объектов, что предопределяет насущную необходимость её дальнейшего развития.

Несмотря на развитие таких направлений теплоэнергетики, как атомные электростанции, управляемый термоядерный синтез, парогазовые установки, методы прямого преобразования тепловой энергии в электрическую и другие у традиционной теплоэнергетики есть перспективы.

Известно, что тепловая экономичность паротурбинных установок зависит от начальных и конечных параметров пара, применения промежуточного подогрева пара, системы регенеративного подогрева питательной воды, в которой, как правило, применяется деаэрационная система.

Одним из направлений совершенствования систем регенеративного подогрева питательной воды турбоустановок большой мощности является применение бездеаэрационных схем (БДС).

Работы по внедрению бездеаэрационных тепловых схем (БТС) были начаты НПО ЦКТИ им. Ползунова и Всероссийским теплотехническим институтом (ВТИ) с участием ГРЭС и турбинных заводов при разработке технических решений по повышению эффективности блоков сверхкритического давления (СКД). Дальнейшее развитие и совершенствование тепловых схем были направлены на отказ от деаэратора повышенного давления как источника повышенной опасности.

Определяющим обстоятельством для решения этой задачи явилось успешное внедрение в тепловую схему смешивающих подогревателей низкого давления (ПНД) и нейтрально-кислородного водно-химического режима (НКВР), выполненных независимо друг от друга НПО ЦКТИ, ВТИ и другими научными организациями.

ЦКТИ и ВТИ совместно с турбостроительными заводами, электростанциями и проектными институтами внедрили несколько вариантов БТС на 28 энергоблоках ГРЭС и ТЭЦ России.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим, как применение бездеаэрационной схемы способствует повышению надежности и экономичности работы турбоустановок.

Экономичность турбоустановки повышается из-за отсутствия дресселирования отборного пара и выпара деаэратора, снижается расход электроэнергии на собственные нужды (отсутствие бустерных насосов), уменьшаются капиталовложения, отпадает необходимость предпусковой деаэрации воды. Однако следует помнить, что деаэрационная система выполняет в тепловой схеме ряд ответственных функций, связанных с работой системы регенерации и питательной установки. К нему подводятся дренажи греющего пара ПВД, пар из расширителя непрерывной продувки, конденсат испарителей, пар уплотнений турбины и штоков стопорно-регулирующих клапанов. В деаэрационный бак возвращается питательная вода линии рециркуляции питательных насосов и т. п.

Бездеаэрационная схема осуществима и в режиме деаэрации питательной воды, если учесть, что процесс деаэрации конденсата осуществляется в конденсаторе главной турбины и, особенно в вакуумных смешивающих ПНД, широко внедряемых на новых энергоблоках.

Эти обстоятельства заставляют пересмотреть традиционные решения тепловой схемы с деаэрационными установками, которые усложняют эксплуатацию электростанции и удорожают стоимость установленного киловатта мощности.

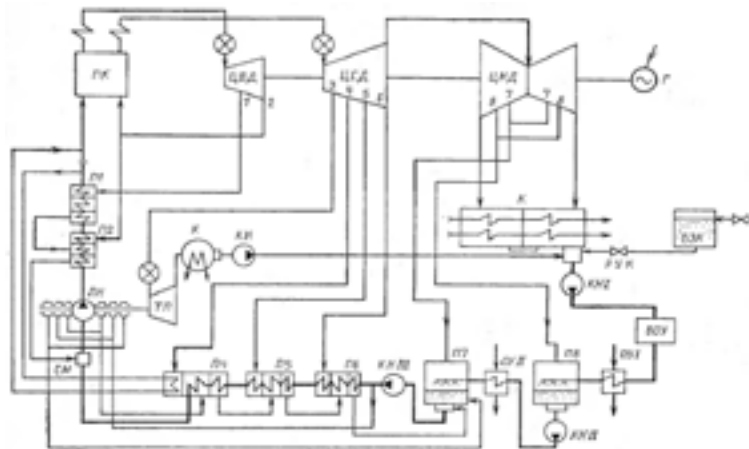


Рисунок 1 – Бездеаэрационная схема энергоблока на сверхкритических параметрах пара:
 БЗК – бак запаса конденсата; РУК – регулятор уровня конденсата; СМ – смеситель

Ликвидация деаэрационного бака в качестве демпфирующей емкости пароводяного тракта и необходимость повышения надежности эксплуатации энергоблоков с ростом их мощности требуют поддержания достаточного уровня воды в конденсато-сборниках конденсатора и смешивающих ПНД и автоматического регулирования уровней воды и режима работы насосов. Дополнительный запас воды на электростанции предусмотрен в утепленных баках запаса конденсата (БЗК); он используется при работе регулятора уровня в конденсаторе (РУК). Автоматические регуляторы уровня предусмотрены и в смешивающих ПНД. В некоторых случаях в бездеаэрационной схеме предусматривают дополнительный демпферный бак вместимостью до 100 м³, подключаемый параллельно смешивающему ПНД7 на входе III ступени конденсатных насосов.

Отсутствие деаэратора заставляет изменить схему отвода протечек из концевых уплотнений питательного насоса, а также линию рециркуляции воды при его пуске. Для повышения надежности схемы конденсатные насосы включены по системе АВР (автоматического включения резерва). Время запуска этих насосов по АВР меньше времени выдержки сигнала отключения питательных насосов по падению давления на всосе.

Нейтрально-кислородный водный режим (НКВР) пока применяется в основном на газомазутных энергоблоках, что позволяет практически предотвратить железистые отложения в НРЧ паровых котлов. Более

широкому внедрению НКВР могут воспрепятствовать обнаружившиеся повреждения трубок ПВД, опасность водородного охрупчивания котельной стали и другие трудности. Поэтому возникает необходимость применения бездеаэрационной схемы и в условиях гидразин-аммиачного водного режима. Возможность такого решения обуславливается применением специальных смешивающих ПНД с повышенной деаэрационной способностью (конструкции ЦКТИ) с конденсатосборниками увеличенного объема. Необходимо также осуществлять отсос неконденсирующихся газов из ПВД для вывода углекислоты из тракта.

Недостатком этой системы (прототипа) являются низкая надежность работы из-за частых выходов из строя трубок и большая металлоемкость ПВД. На всех типах отечественных турбин СКД применяются коллекторные ПВД со спиральными трубками. Снижение металлоемкости и повышение надежности их работы по зарубежному опыту возможно путем перехода на камерные ПВД с U-образными трубками. Однако в условиях применения сверхкритических параметров пара для отечественных турбин этот путь весьма проблематичен в связи с технологическими трудностями изготовления трубных досок большой толщины (0,5–0,7 м).

При определении экономии от применения БДС нужно различать, внедряется она на вновь проектируемой электростанции или путем реконструкции на уже эксплуатируемой. В первом случае будет существенная экономия капитальных затрат, в связи с возможностью уменьшения габаритов здания, иногда на стоимость деаэрационной этажерки. Есть экономия, связанная с отсутствием деаэратора и бустерных насосов, арматуры и трубопроводов.

Обязательным элементом БДС являются смешивающие ПНД. Ими в СНГ оснащены более 60 турбоустановок большой мощности и планируется их применения практически на всех современных турбинах.

В смешивающих подогревателях полностью устраняется недогрев основного конденсата до температуры насыщения греющего пара. Это исключает возможность тепловой перегрузки расположенных за ними по ходу конденсата поверхностных подогревателей и повышает их надежность работы. Устранение недогревов в вакуумных ПНД дает существенную годовую экономию условного топлива (до 2 тыс. тонн для блока 300МВт). Смешивающие ПНД обладают более высокой степенью надежности, так как не имеют трубных систем. Экономия дефицитной коррозионно-стойкой стали на один блок 300 МВт составляет 7 т. Смешивающие ПНД имеют меньшую поверхность соприкосновения металла с водой, что способствует повышению качества питательной воды.

Применение БТС для вновь проектируемых блоков с турбинами К-330-240 ЛМЗ, Т-250/300-240 и Т-175/185-130 УТЗ позволило дополнительно получить

следующие преимущества (рис. 2): отказаться от деаэрационной этажерки; снизить нагрузки на колонны при расчете сейсмического воздействия; уменьшить длину машинного зала на один пролет (для турбины УТЗ).

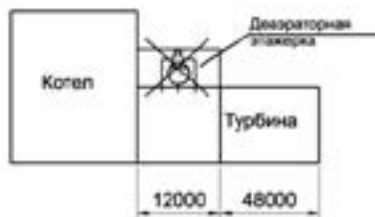


Рисунок 2 – Профиль станции

Опыт эксплуатации БТС подтвердил их эффективность, надежность и простоту. При разработке технических решений по тепловой, пусковой схеме БТС и ее оборудованию следует использовать уже накопленный опыт модернизации, проектирования и эксплуатации существующих энергоблоков, работающих по БТС.

В настоящее время в РК на существующих ТЭС используются схемы с использованием деаэраторов питательной воды.

Защита оборудования и трубопроводов тепловых электростанций и систем теплоснабжения от коррозии является одной из актуальных проблем теплоэнергетики. Отрицательными последствиями внутренней коррозии являются: сокращение времени эксплуатации оборудования и трубопроводов тепловых сетей, ТЭС и котельных, а также значительное снижение мощности источников тепловой и электрической энергии.

Коррозия металла зачастую приводит к аварийным остановам теплоэнергетических установок или снижению их мощности, нередко ограничивают выработку электроэнергии и отпуск теплоты потребителям пара с одновременным пережогом топлива.

В теплоэнергетике все оборудование предназначено для работы с такими средами как вода, пар при различных температурах и давлениях, различные кислоты и щелочные реагенты, используемые при водоподготовке, поэтому металл склонен к коррозионному разрушению, контактируя с этими средами.

Решение проблемы коррозии теплоэнергетического оборудования, ввиду сложных условий службы металла, потребовало разработки средств противокоррозионной защиты.

Причиной коррозии является присутствие в воде коррозионно-активных газов. В связи с этим, наибольшее распространение получили такие средства противокоррозионной защиты как деаэрация воды [1].

В связи с этим изучение возможности устойчивой деаэрации питательной воды на объектах теплоэнергетики актуально, особенно при снижении нагрузки оборудования.

Глубокая деаэрация воды обеспечивает защиту теплоэнергетического оборудования от коррозии и гарантирует полную выработку своего эксплуатационного срока. Невыполнение условий подготовки воды, а именно ее деаэрации, может привести к тяжелым последствиям.

Практическая значимость исследования данного вопроса заключается в том, что полученные рекомендации могут быть использованы при выборе режима работы деаэрационного оборудования для котельных и ТЭС.

Чтобы снизить развитие внутренней коррозии стараются устранить все места подсоса воздуха путем поддержания в трубопроводах избыточного давления (более 0,05 МПа), а также подпиточная вода перед подачей ее в обратную линию тепловой сети должна быть подвергнута деаэрированию [2].

Важнейшая часть процесса подготовки питательной воды – это удаление содержащихся в ней агрессивных газов, главным образом кислорода и диоксида углерода, вызывающих коррозию теплоэнергетического оборудования и установок. Кислородная коррозия является наиболее вредной, поскольку она может появляться на отдельных участках поверхности металлического оборудования в виде язвин и развиваться в глубину металла, образуя тем самым сквозные свищи. Для современных паровых котлов котловая вода должна проходить глубокую подготовку и тщательную деаэрацию, так как очень незначительная концентрация растворённого в котловой воде кислорода может стать причиной нарушения нормальной работы и выхода из строя отдельных элементов котла, из которых самым первым коррозии подвергается водяной экономайзер [3].

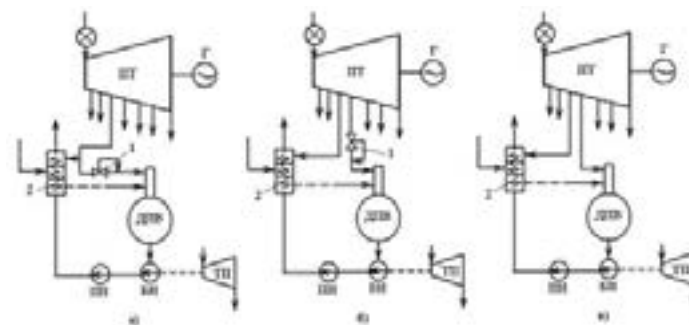


Рисунок 3– Схемы включения деаэраторов питательной воды: а – предвключенная схема $P_d = \text{const}$; б) – деаэратор как самостоятельная ступень $P_d = \text{const}$, в) деаэратор на скользящем давлении $P_d = \text{var}$

В связи с этим, для обеспечения нормальной работы и эксплуатации современных паровых котлов при снижении нагрузки необходимо добиваться полного удаления из питательной и подпиточной воды кислорода при всех возможных режимах работы ТЭС.

Абсолютное очищение воды от растворенных в ней газов невозможно. Для глубокой деаэрации воды при снижении давления отбора пара из турбины, в случае понижения нагрузки турбоустановки, следует подключить деаэратор к камере отбора с более высоким давлением.

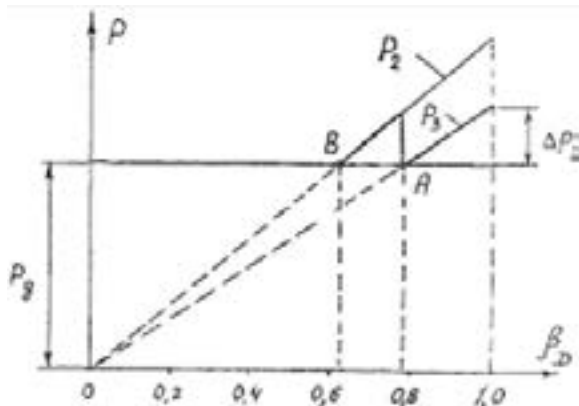


Рисунок 4 – Определение нагрузки при переключении деаэратора на камеру отбора более высокого давления

ВЫВОДЫ

Таким образом, одной из главных задач при подготовке питательной и сетевой воды, наряду с водоподготовкой, является ее деаэрация. Устойчивая деаэрация питательной и сетевой воды обеспечивает защиту теплоэнергетического оборудования от коррозии, гарантирует экономичную работу оборудования и полную выработку эксплуатационного ресурса [4]. В связи с этим важно обеспечить качественную деаэрацию питательной и сетевой воды при снижении нагрузки турбоустановки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Волков, В. В.** Глубокая очистка воды от растворенного кислорода для микроэлектроники, электростанций и пищевой промышленности // Научно-информационный портал – М. : Мембраны и мембранные технологии, 2017 – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mcmttech.ru/index.php/> 376

[ru/glavnaya/publications/200-udalenie-kisloroda- iz-vody](http://glavnaya/publications/200-udalenie-kisloroda-iz-vody), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

2 **Лысова, Е. П.** Анализ методов выработки электрической и тепловой энергии на предприятиях топливно-энергетического комплекса с учетом критериев экологичности и эффективности использования топливно-энергетических ресурсов // Интернет-журнал «Науковедение», 2013 № 5 [Электронный ресурс]. – М. : Науковедение, 2017 – Режим доступа:

3 <http://naukovedenie.ru/PDF/23trgsu513.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

4 **Соколов, Е. Я.** Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Соколов Е.Я. 7-е изд., перераб. – М. : Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.

5 International journal of electrical power & energy systems Monthly issn: 0142-0615 elsevier sci ltd, the boulevard, langford lane, kidlington, oxford, england, oxon, ox5 1gb.

6 **Ермолов, В. Ф., Пермяков, В. А., Ефимочкин, Г. И., Вербицкий, В. Л. М.** : Смешивающие подогреватели паровых турбин, Энергоатомиздат, 1982.

7 **Ефимочкин, Г. И.** Совершенствование регенеративной схемы паровых турбин современных энергоблоков // Теплоэнергетика, 1984.

8 **Щицман, М. Е.** Нейтрально-кислородный режим на энергоблоках СКД М. : Энергоатомиздат, 1983

9 **Вербицкий, В. Л., Прокопенко, А. Г. и др.** // Теплоэнергетика, 1991.

10 **Ефимочкин, Г. И.** Бездеаэраторные тепловые схемы мощных паровых турбин//Теплоэнергетика, 1991.

11 **Рыжкин, В. Я.** Тепловые электрические станции. М.: Энергия, 1976.

12 **Елизаров, Д. П.** Теплоэнергетические установки электростанций Текст. / Д. П. Елизаров. М. : Энергоиздат, 1982.

13 Журнал «ЭНЕРГЕТИКА», № 2(37) май 2011 г.

14 Методические указания по контролю состояния основного оборудования тепловых электрических станций. Определение количества и химического состава отложений СО 34.37.306-2001 (РД 153-34.1-37.306-2001).

Г. М. Тютөбаева¹, А. К. Айдильдинов²

Жылу электр станцияларында деаэраторсыз жүйелерін қолдану

^{1,2}Энергетикалық факультеті,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.
Материал 19.12.18 баспаға түсті.

G. M. Tyutebayeva¹, A. K. Aidildinov²

Operation of thermal power plants without deaerators system

^{1,2}Power Faculty,
Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Мақалада жылу электр станцияларында суды дайындаудың энергетикасыз жүйелерін енгізу және пайдаланудың негізгі себептері қарастырылған. Деаэраторсыз жүйелер жұмысының сенімділігі мен үнемділігін арттыру сұлбалары қарастырылды. Сондай-ақ олардың міндетті элементтері мен осындай жүйелердің кемшіліктері атап өтілді. Қоректік судың деаэрациясын оңтайландыру ЖЭС жүктемесінің төмендеуі кезінде судағы зиянды газдардың мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді, осылайша энергетикалық жабдықты пайдалану мерзімін арттырады.

The article describes the main reasons for the introduction and use of non-deaerator water treatment systems at thermal power plants. Schemes of increasing the reliability and efficiency of operation of non-deaerator systems are considered. Their mandatory elements and disadvantages of such systems are also noted. It is noted that the optimization of feed water deaeration will reduce the amount of harmful gases in the water with a decrease in the load of thermal power plants, thereby increasing the life of power equipment.

Г. М. Тютөбаева¹, А. Н. Алдиярова²

¹к.т.н., ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²магистрант, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ¹galiatyutebayeva@gmail.com; ²mizukiald@gmail.com

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ АЛМАТИНСКОЙ ТЭЦ-1 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК И КОТЛОВ УТИЛИЗАТОРОВ

Поскольку проблема загрязнения атмосферного воздуха в г. Алматы остается актуальной, в статье рассматривается один из вариантов снижения воздействия на экологическую обстановку города, за счёт реконструкции Алматинской ТЭЦ-1. В связи с износом основного оборудования, предлагается достичь результатов путём демонтажа устаревшего оборудования и установки в новом корпусе ГТУ с водогрейным КУ.

Ключевые слова: газотурбинная установка, водогрейный котёл-утилизатор, теплоэлектроцентральный, термодинамический цикл, газодводяной теплообменник, комбинированная выработка электроэнергии и теплоты.

ВВЕДЕНИЕ

Энергетика, как важнейшая отрасль промышленности, обеспечивает развитие экономики.

Но топливно-энергетический комплекс оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Немаловажным фактором в современном мире является экологичность. Так, сегодня многие обеспокоены вопросом загрязнения атмосферы г. Алматы. Поскольку, производство энергии – главный источник загрязнения, перед энергетиками стоит задача снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

На сегодняшний день имеется большой выбор энергогенерирующих агрегатов, которые осуществляют когенерацию. Одним из таких представлена газотурбинная установка. Когенерация, используя первичное

топливо в два-три раза эффективней традиционной энергетики, снижает выбросы загрязняющих веществ.

В последнее время газотурбинные установки получают всё большее применение в промышленности. В целях энергосбережения и покрытия тепловых нагрузок предлагается реконструкция Алматинской ТЭЦ-1 за счет установки ГТУ с водогрейными КУ. В следствие чего, экология города должна улучшиться.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

АО «Алматинские электрические станции» обеспечивает тепло и электроэнергией г.Алматы и Алматинскую область. В организационную структуру АО «Алматинские электрические станции» в настоящее время входят три теплоэлектроцентрали (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3) и две гидроэлектростанции (Капчагайская ГЭС и Каскад ГЭС).

Основные технические решения по реконструкции и расширению Алматинской ТЭЦ-1 обусловлены значительным износом установленного основного оборудования, решением Акимата о существенном снижении воздействия на экологическую обстановку города и перераспределением мощностей источников АО «АлЭС».

Алматинская ТЭЦ-1 находится в центральной части г.Алматы, у подножия северного склона Заилийского Алатау. Географическое положение города определяет его климатические особенности. Климат отличается резкой континентальностью с продолжительным теплым периодом года и резкими сменами похолоданий и оттепелей в зимний период

Расчетные температуры:

- среднегодовая температура воздуха – плюс 8,9 °С;
- наиболее холодной пятидневки (0,92) – минус 25 °С;
- наиболее холодных суток (0,92) – минус 28 °С;
- абсолютная минимальная – минус 38 °С;
- абсолютная максимальная – плюс 43 °С.

Установленная тепловая мощность ТЭЦ-1 составляет 1203 Гкал/ч, располагаемая 985 Гкал/ч с учетом собственных нужд.

Установленная электрическая мощность ТЭЦ-1 -145 МВт, располагаемая 107,4 МВт.

Ограничения электрической и тепловой мощности ТЭЦ – 1 вызваны:

- недостаточной паровой производительностью котлов;
- ограничением загрузки турбоагрегатов, работающих на полном тепловом потреблении в режиме «ухудшенного вакуума».

Режим работы ТЭЦ-1 сохраняется по тепловому графику в течение года.

Строительство ТЭЦ – 1 началось в 1931 году. А в 1935 году первый агрегат был поставлен под промышленную нагрузку.

Развитие станции осуществлялось в несколько очередей.

В настоящее время выработавшие ресурс оборудование первых двух очередей: котлы ст. № 1...6, турбины ст. № 1...7 демонтированы.

В связи с достижением установленного срока наработки предусматривается поэтапный вывод из эксплуатации четырех существующих паровых котлов ст. № 8... 11, двух паровых турбин ст. № 9, 10 и двух водогрейных котлов ст. № 1, 7. В эксплуатации остаются два паровых котла ст. № 12, 13, паровая турбина с противодавлением ст. №8 и пять водогрейных котлов ст. № 2... 6.

Структура топливного баланса Алматинской ТЭЦ-1 на сегодняшний день следующая: уголь порядка 7 %, природный газ – 92 %, мазут – 1 %.

В связи с этим реконструкцию ТЭЦ-1 будет целесообразнее осуществлять с применением газотурбинных технологий, с установкой газотурбинного оборудования и водогрейных котлов-утилизаторов (КУВ) для покрытия тепловых нагрузок.

КУВ предназначен для работы на продуктах сгорания, поступающих от ГТУ. Изменение нагрузки котла достигается изменением расхода топлива и воздуха в газовую турбину.

При расширении Алматинской ТЭЦ-1 с установкой ГТУ-КУВ, предусматривается работа существующих котлоагрегатов ст. № 12 и № 13 в зимний период на твердом топливе (карагандинском каменном угле).

Расположение г. Алматы в предгорьях Заилийского Алатау и климатические условия района создают предпосылки для накопления в атмосфере города загрязняющих веществ.

В связи с фоновым загрязнением атмосферы г.Алматы автотранспортом расширение ТЭЦ-1 ГТУ КУВ является особенно актуальным.

В отличие от паросиловых ТЭЦ производство электроэнергии на ГТУ-ТЭЦ не связано с отпуском теплоты потребителям и утилизацией теплоты выходных газов ГТУ. Теплота выходных газов зависит от начальных и конечных параметров газов, характеристик наружного воздуха и т.д. Максимально возможное использование теплоты выходных газов ГТУ на ГТУ-ТЭЦ происходит при соответствующей организации ее тепловой схемы с учетом графика отопительной нагрузки.

На рисунке 1 приведен термодинамический цикл ГТУ-ТЭЦ, в котором можно выделить теплофикационную $\Delta t_{\text{ц}}^{\text{ТФ}}$ и раздельную $\Delta t_{\text{ц}}^{\text{РАЗ}}$ части цикла Брайтона, а также часть теплоты выходных газов ГТУ $q_{\text{вх}}$, которая теряется с уходящими газами КУ.

Другое решение показано на рис. 2, в: регулирование потребления теплоты осуществлено дожиганием топлива в среде выходных газов ГТУ и байпасированием части этих газов мимо КУ. В каждом отдельном случае необходимо обосновывать принимаемые технологические схемы с учетом используемого оборудования и характера изменения отопительной нагрузки.

В последнее время ввиду возникших трудностей с финансированием крупных объектов традиционной энергетики возросло количество заказов на ГТУ-ТЭЦ малой и средней мощности. В настоящее время построены или строятся следующие отопительные ГТУ-ТЭЦ, вырабатывающие теплоту в виде горячей воды (табл.1). Представленные в таблице данные относятся только к газотурбинной части электростанции.

В качестве ГТУ на этих ГТУ-ТЭЦ предусмотрено применение энергоустановок мощностью 15 МВт типа ГТУ-15 (НПО «Машпроект») с газотурбинным двигателем типа ДЖ59 (новое заводское обозначение ГТГ-16 000). Прототипом этого ГТД послужил ГТД типа ДЦ59, продолжительное время работавший на ГТУ-ТЭЦ малой мощности.

Выполнено строительство ГТУ-ТЭЦ с ГТУ малой и средней мощности с энергоустановками типа ГТУ-55СТ-20 («Энергоавиа»), НК-37 («Двигатели НК») и ГТЭ-10/95 («Мотор») и ряда других ГТУ мощностью менее 6 МВт на базе конверсионных авиационных ГТД. ОАО «Рыбинские моторы» совместно с ОАО «РОСЭП» разработало проект блочно – комплектной ГТУ-ТЭЦ ГТЭС-2,5 со следующими параметрами: $N_T^{\text{э}} = 2,5$ МВт; $Q_T^{\text{max}} = 4,5$ МВт. В 2000 г. запущена в эксплуатацию ГТУ-ТЭЦ «Шигили» (Башкортостан).

Таблица 1 – Технические данные ГТУ-ТЭЦ

Показатель	Наименование электростанции		
	Шахтинская ТЭЦ	Ингушская ГТЭС	Радужнинская ГТЭС
Установленная мощность:			
Электрическая, МВт	64	64	60
Тепловая, Гкал/ч	98,8	49,2	102,6
Тип ГТУ, изготовитель	ГТУ-15, НПО «Машпроект»	ГТУ-15, НПО «Машпроект»	ГТУ55СТ-20 «Энергоавиа»
Электрическая мощность, МВт	15	15	20
Число ГТУ, шт	4	4	4
Тепловая мощность, Гкал/ч	24,7	12,3	34,2

Число КУ, шт.	4	4	4
Вид топлива	Природный газ	Природный газ	Попутный газ
Месторасположения	Г.Шахтинск, Ростовская область «Ростовэнерго»	Г. Карабулак, Республика Ингушетия «Ингушэнерго»	П.Радужный, Тюменская область, нефтяное месторождение

Показатель	Наименование электростанции		
	Электростальская ГТУ -ТЭЦ	ГТУ ТЭЦ г. Ишимбай	
Установленная мощность:			
Электрическая, МВт	48,8	1	
Тепловая, Гкал/ч	72	18	
Тип ГТУ, изготовитель	GT35 АBB	ГТЭ-25 У, ТМЗ	ГТЭ-10/95 «Мотор»
Электрическая мощность, МВт	16,8	32	10
Число ГТУ, шт	1	2	1
Тепловая мощность, Гкал/ч	24	24	18
Число КУ, шт.	1	2	1
Вид топлива	Природный газ		Природный газ
Месторасположения	Г.Электросталь, Московская область		г.Ишимбай, Башкортостан, районная котельная

Таблица 2 – Технические данные ГТУ ТЭЦ

Показатель	Тип ГТУ, изготовитель						
	ГТУ-10, «Моторостроитель»	ГТУ-15, НПО «Машпроект»	ГТУ-20, «Сагури-Льолька»	ГТУ55СТ-20 «Энергоавиа»	ГТЭ-25У, ТМЗ	ГТЭ-45-1 ЛМЗ	ГТУ-15, НПО «Машпроект»
Электрическая мощность, МВт	9,0	15,0	20,0	20,0	25,0	43,0	15,0
Тип КУ	ГПСВ	ПСВ	ГПСВ	ГПСВ	ГПСВ	ГПСВ	КВГМ-100
Тепловая мощность, МВт	28,0	23*/33	31*	40*	63	79*	116**
Дожигающее устройство	Есть	Есть	Нет	Нет	Есть	Нет	Есть

Назначение электростанции, вид тепловой нагрузки	Отопительная нагрузка
Вид топлива	Природный газ

* – без дополнительного сжигания топлива

** – схема со сбросом в водогрейный котел

В настоящее время в Казахстане ГТУ-ТЭЦ используется на Кызылординской ТЭЦ-6. Установленная мощность ТЭЦ составляет 113 МВт: в том числе ТЭЦ 67 МВт и КОГТЭС 46 МВт. Топливом является природный газ месторождения Акша-Булак. Когенерационная ГТЭС работает с 2005 года.

Три водогрейных котлов утилизатора типа КУВ-30 работают на горячих газах от трех газовых турбин ГТД ДЖ-59ЛЗ, электрической мощностью по 15 МВт.

ВЫВОДЫ

В целях реконструкции и расширения Алматинской ТЭЦ-1 рекомендованы следующие основные технические решения:

- реконструкция ТЭЦ-1 ведется установкой газовых турбин и водогрейных котлов-утилизаторов;
- ГТУ-ТЭЦ с водогрейными котлами-утилизаторами обеспечивает выработку электроэнергии на тепловом потреблении и покрывает тепловые нагрузки ГВС;
- выдача тепловой мощности от водогрейных котлов утилизаторов производится через водоводяной теплообменник замкнутого циркуляционного контура КУВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Абыкаев, Н. А., Бектурганов, Н. С., Зейнуллин, А. А., Кузнецов, О. Л., Спицын, А. Т., Шеулин, А. С.** Стратегии устойчивой энергетики будущего Казахстана до 2050 года / КазНАЕН. – № 2. – 2014.

2 **Цанев, С. В.** Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : Учебное пособие для вузов / Издательство МЭИ, 2002. – 584 с.

3 **Godoy, E., Scenna, N. J., Benz, S. J.** Families of optimal thermodynamic solutions for combined cycle gas turbine (CCGT) power plants // Applied Thermal Engineering. – Vol. 30. – Issues 6–7. May 2010. – P. 569–576.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Г. М. Тютөбаева¹, А. Н. Алдиярова²

Утилизаторлық қазандықтар мен газ турбиналық қондырғыларды пайдалану арқылы Алматы ЖЭО-1 техникалық қайта жарақтандыруы

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

G. M. Tyutebayeva¹, A. N. Aldiyarova²

Technical transformation of Almaty city CHPP -1 with the use of gas turbine installations and waste heat-recovery boilers

^{1,2}Energy Faculty,

S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Алматы қаласындағы атмосфералық ауаның ластану мәселесі өзекті болып қалуда, мақалада Алматылық ЖЭО-1 қайта құру есебінен қаланың экологиялық жағдайына әсер етуді төмендету нұсқаларының бірі қарастырылған. Негізгі жабдықтардың тозуына байланысты ескірген жабдықтарды бөлшектеу және жаңа корпусты ГТК мен су жылытатын утилизаторлық қазанды орнату жолымен нәтижелерге қол жеткізу ұсынылады.

Since the problem of air pollution in Almaty remains relevant, the article considers one of the ideas for reducing the impact on the ecological situation of the city, due to the reconstruction of the Almaty CHPP-1. In connection with the deterioration of the main equipment, it is proposed to achieve results by dismantling outdated equipment and introducing a gas turbine installation and a waste heat-recovery boiler in a new case.

Г. М. Тютеебаева¹, Н. М. Нуралина²

¹к.т.н., ст. преподаватель, Энергетический факультет, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²магистрант, Энергетический факультет, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан
e-mail: ¹galiatyutebayeva@gmail.com; ²nurgulya_14@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА Г. АКТАУ

В статье рассмотрены разработка и внедрение парогазовой установки по причине морально и физически устаревшего оборудования энергетического комплекса «МАЭК». Обосновывается строительство парогазовой установки как оптимальный вариант технического перевооружения энергокомплекса в г. Актау. Отмечены работы, направленные на разработку технологий, материалов и оборудования для ПГУ на базе ГТУ большой мощности, расположенных на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: ПГУ (парогазовая установка), ГТУ (газотурбинная установка), ТЭЦ (теплоэнергоцентр), промперегрев, паросиловое оборудование, бинарные системы.

ВВЕДЕНИЕ

В электроэнергетике Казахстана наблюдается заметный рост износа основного оборудования тепловых электростанций. Поэтому важно рассматривать вопросы обновления основных фондов в электроэнергетике, посредством технического перевооружения действующих объектов.

На сегодняшний день ТОО «МАЭК-Казтомпром» – это единственный источник теплоснабжения города Актау. Основное оборудование данного стратегического объекта, введенного в эксплуатацию в 1962-1963 годах требует замены морально и физически устаревшего паросилового оборудования ТЭЦ-2.

В Актау действует единственный порт в Казахстане, предназначенный для международных перевозок различных сухих грузов, сырой нефти и нефтепродуктов. В городе планируется и производится строительство новых дорог, микрорайонов и культурных комплексов. Все вышперечисленное говорит о росте и развитии западного региона, и как следствие, увеличения потребностей в электроэнергии.

Годовой объем производства энергии составит в ближайшее время 1875 миллионов кВтч, производство тепла – 1350 Гкал в год.

Парогазовая установка позволит повысить надежность электроснабжения и покрывать потребности Западного региона в электричестве. Ведь на данный момент Западный Казахстан не входит в единую энергосистему республики и при дефиците электроэнергии вынужден обращаться к энергосистеме России. Строительство парогазовой установки повысит эффективность природных ресурсов, покроет ожидаемый дефицит электроэнергии в Мангыстауском энергоузле. Потребность в топливе у такой установки 350 миллионов кубометров газа в год, потребление морской воды составит 118 миллионов кубометров в год. При вводе в эксплуатацию парогазовой установки будет использована инфраструктура ТЭЦ-2. При строительстве и эксплуатации установки планируется создать 500 рабочих мест. По предварительным расчетам, срок окупаемости проекта составит около 10 лет.

В связи с этим в Актау прошли общественные слушания, где рассмотрели проект и в ближайшее время планируется строительство парогазовой установки электрической мощностью 250 МВт.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На сегодняшний день применение парогазовой технологии – оптимальное решение для сложившейся ситуации. Блоки этого типа имеют оптимальные параметры по стоимости единицы установленной мощности и экономической эффективности. За счет повторного использования энергии сгорания газа, их коэффициент полезного действия существенно выше традиционных паросиловых блоков. Еще одна особенность парогазовой установки – это низкий уровень выбросов вредных веществ в атмосферу.

Однако стоит учитывать, что при снижении нагрузки газотурбинной установки резко ухудшаются экологические показатели. Это доказывают испытания V-64.3A Siemens: содержание NO_x и CO в выхлопных газах за турбиной приведенных к 15 % содержанию O_2 на режиме номинальной нагрузки $NO_x=13$ млн⁻¹, CO = 0 млн⁻¹, а на режиме холостого хода $NO_x=60$ млн⁻¹, CO = 1650 млн⁻¹.

Исследования и мировой опыт показывают, что использование и развитие парогазовых установок различных типов являются основным направлением повышения эффективности тепловых электростанций. Коэффициент полезного действия парогазовых установок в наши дни достигают 56–60 %, что является одним из главных преимуществ данной энергоустановки. По сравнению с угольными тепловыми электрическими станциями парогазовые установки потребляют существенно меньше воды на единицу вырабатываемой электроэнергии. Наконец, парогазовый блок имеет существенно меньший

строительный цикл в сравнении с традиционными паросиловыми блоками. Сроки возведения парогазовой установки составляют 9–12 месяцев.

Город Актау находится в Мангыстауской области, где сосредоточено 25 % нефти Казахстана, в процессе добычи которой из скважин выделяется попутный газ. В соответствии с Законом «О недрах и недропользовании» от 24 июня 2010 года рассматривается закачка попутного газа обратно в пласт с целью повышения давления в недрах земли для увеличения нефтедобычи. Несмотря на относительную развитость данной технологии, ее применение на практике достаточно осложнено и требует немалых денежных затрат. К тому же, высокая теплота сгорания, удобство и экономичность использования доказывает то, что на практике намного доступнее сжигать газ, нежели инвестировать денежные средства в его утилизацию. В его состав входит метан и более тяжелые углеводороды: этан, пропан, бутан и т.д., увеличивающие значение теплоты сгорания установки, работающей на попутном газе, в отличие от установки, сжигающей природный газ. Так теплота сгорания при сжигании попутного газа Узенского месторождения составляет $45\,308 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \text{ТГ}}$, а при сжигании природного газа $35\,450 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \text{ТГ}}$.

С точки зрения экономики строительство парогазовой установки является рентабельным решением. Парогазовая установка малогабаритна: компактные размеры позволяют возводить ПГУ непосредственно у потребителя или внутри города – это позволяет сократить затраты на линии электропередач для транспортировки электроэнергии.

Исторически сложилось так, что оборудование ТЭС Казахстана производилось в России и эксплуатируется по сегодняшний день. В дальнейшем, как ближайший сосед и стратегический партнер Россия, видимо, будет оставаться одним из основных поставщиков оборудования для строящихся ТЭС в Казахстане. В связи с этим, целесообразно выполнить анализ по состоянию энергомашиностроения в РФ, в частности по технологиям производства электроэнергии и оборудованию для ПГУ.

В настоящее время в России уделяется большое внимание рациональным перспективным ПГУ на основе ГТУ большой мощности, включая требования высокой экономической эффективности электрогенерации, расширения регулировочного диапазона и улучшения экологических показателей.

С этой целью в ОАО «НПО ЦКТИ» были выполнены работы, направленные на разработку технологий, материалов и оборудования для ПГУ на базе ГТУ большой мощности, выполненный по заказу ОАО «НПО Сатурн». Например, выполнены проекты по обновляемому моноблоку ПГУ единичной мощностью 170 МВт и парогазовой установки схеме газотурбинной надстройки с использованием ГТД-110.

Предлагаемый блок ПГУ-170 при использовании схемы трех давлений с промперегревом характеризуется высоким КПД (до 54 %), что соответствует мировому уровню для этого класса мощности.

Энергетические ГТУ, создаваемые по простой тепловой и механической схемам и ПГУ на их базе к настоящему времени достигли предела в повышении тепловой экономичности (КПД 40 и 60 % соответственно) за счет повышения температуры газа перед турбиной.

Дальнейшее повышение тепловой экономичности энергетических ГТУ большой мощности и бинарных ПГУ на их базе будет связано с переходом к усложненным тепловым и механическим схемам ГТУ:

- для автономных ГТУ к тепловой схеме с промхлаждением при сжатии и двухвальной блокированной механической схеме;
- для ГТУ предназначенных для работы в составе бинарных ПГУ к тепловой схеме с промхлаждением при сжатии;
- промперегревом при расширении, а также двухвальной блокированной механической схеме;
- переходом к паровому охлаждению лопаточных аппаратов газовой турбины, в том числе по замкнутой схеме;
- переходом к сверхкритическим и суперсверх– критическим параметрам пара в контуре высокого давления паровой части утилизационной (бинарной) ПГУ.

В российской энергетике для работы в составе ПГУ большой мощности имеются следующие ГТУ: ГТД-110 ОАО «НПО Сатурн» (лицензия ОАО «НПО Машпроект»), ГТЭ-140 ОАО «НПО Сатурн» (проект), SGT5-2000F СТГТ (лицензия Siemens), SGT5-4000F СТГТ (лицензия Siemens – проект освоения), ГТД-350 ММПШ «Салют» (проект – техническое предложение);

Наибольшей тепловой экономичностью обладают бинарные схемы ПГУ с паротурбинной частью трех давлений с промперегревом пара и максимальной интеграцией газотурбинного и паротурбинного циклов, по которым создаются все современные мощные ПГУ зарубежного производства.

При создании бинарных ПГУ по таким схемам на базе перспективных российских ГТУ возможно достижение следующих показателей экономичности и мощности (брутто):

- с ГТЭ-140: КПД ПГУ до 54 %, мощность моноблока до 205 МВт;
- с ГТЭ SGT5-4000F: КПД ПГУ до 59,2 %, мощность моноблока до 419 МВт;
- с ГТД-350: КПД ПГУ до 60,8 %, мощность моноблока до 500 МВт.

Существующие ПГУ на базе ГТД-110 и SGT5-2000F (ГТЭ-160) с паровыми частями двух давлений без промперегрева имеют КПД 51–52 % в конденсационном режиме.

Таким образом, существующие и перспективные ГТУ российского производства не могут обеспечить создание ПГУ с КПД 62–63 %

Для достижения уровня КПД ПГУ 62–63 % необходимо использование новых перспективных технических решений обеспечивающих:

- повышение КПД ГТУ до 45,2 % при температуре уходящих газов равной 577 – 580°С;

- повышение КПД ПГУ на 1,5-2,0 % абсолютных за счет применения технологий парового охлаждения с использованием тепла снятого в системе охлаждения ГТУ в паровом цикле ПГУ;

- повышение КПД парового утилизационного контура бинарной ПГУ до 3435 % за счет перехода на сверхкритические и суперсверх– критические параметры пара (до 610–620 °С) в контуре высокого давления схемы трех давлений с промперегревом.

Бинарная ПГУ с паровой частью трех давлений с промперегревом пара будет иметь КПД до 61,95 % (брутто).

Для работы в автономном режиме в качестве пиковой энергоустановки предлагается вариант такой ГТУ по схеме без промперегрева, но с промощаждением и также в двухвальном блокированном исполнении с выделенным валом блока высокого давления. При температуре перед турбиной 1500 °С и общей степени сжатия ~ 50 ГТУ будет иметь КПД > 46 % и мощность ~ 365 МВт.

ВЫВОДЫ

1 Для покрытия растущего энергопотребления г.Актау и повышения надежности электроснабжения в Западном Казахстане необходима современная ПГУ;

2 Существующие ГТУ российского производства не могут обеспечить КПД ПГУ 62– 63 % на уровне лучших мировых образцов;

3 Целесообразно строительство в г.Актау ПГУ с паровыми частями двух давлений без промперегрева с КПД 51-52 % в конденсационном режиме, что эффективнее строительства паротурбинной или газотурбинной ТЭС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Соколов, Е. Я.** Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – Изд-во МЭИ, 2001. – 472 С.

2 **Андрющенко, А. И.** Выбор перспективных схем теплоснабжения городов с использованием парогазовых технологий / А. И. Андрющенко, Ю. Е. Николаев // Промышленная энергетика – 2004. № 9. – С. 22–25.

3 **Андрющенко, А. И.** Экологическая и экономическая эффективность замены устаревшего паротурбинного оборудования ТЭЦ на газотурбинное и парогазовое / А. И. Андрющенко, Ю. Е. Николаев // Промышленная энергетика. – 2007. – № 7. – С. 2–6.

4 **Николаев, Ю. Е.** Повышение эффективности систем теплофикации с учетом взаимного влияния источника и тепловых сетей / Ю. Е. Николаев, А. И. Андрющенко // Проблемы теплофикации – Опыт и перспективы : сб. докл. науч. техн. конф. – М. : ОАО РАО «ЕЭС России, 2006. – С. 51–58.

5 **Андрющенко, А. И.** Возможности повышения эффективности централизованного теплоснабжения городов/ А. И. Андрющенко// Промышленная энергетика. – 2002. – № 6. – С. 15–18.

6 **Андрющенко, А. И.** Основы проектирования энерготехнологических установок электростанций / А. И. Андрющенко, А. И. Попов. –М. : Высшая школа, – 1980. – 240 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Г. М. Тютеебаева¹, Н. М. Нуралина²

Ақтау қаласында жылу энергетикалық қосылысының дамыту мақсатымен бу-газ қондырғылықтар келешегі

^{1,2}Энергетикалық факультеті,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық университеті,
Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

G. M. Tyutebayeva¹, N. M. Nuralina²

Prospects of a combined-cycle plants for the purpose of developing a heat energy complex in Aktau city

^{1,2}Power Faculty,

Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақалада «МАЭК» энергетикалық кешенінің моральдық және физикалық ескірген жабдықтары себебінен бу-газ қондырғысын әзірлеу және енгізу қарастырылған. Ақтау қаласында энергия кешенін техникалық қайта жарақтандырудың оңтайлы нұсқасы ретінде бу-газ қондырғысының құрылысы негізделді. Ресей Федерациясының аумағында орналасқан үлкен қуатты газ-турбиналық қондырғылар базасында бу-газ қондырғылары үшін

технологияларды, материалдар мен жабдықтарды әзірлеуге бағытталған жұмыстар аман өтілді.

The article deals with the development and implementation of steam and gas installation due to the morally and physically obsolete equipment of the power complex «МАЕК». The construction of a steam-gas installation as an optimal variant of technical re-equipment of the power complex in Aktau city is substantiated. The works aimed at the development of technologies, materials and equipment for a combine-cycle plant on the basis of high-power gas-turbine plant located on the territory of the Russian Federation are noted.

ГРНТИ 53.43.13

Д. С. Уразалимова¹, М. М. Нурманов²

¹ст. преподаватель, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹dariya_u@mail.ru; ²muha_2bus@mail.ru

РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

В статье приведены основные требования к станам и непрерывным волочильным станам. Были сделаны выводы, что качество труб во многом зависит от технологической смазки, геометрии калибров, точности учета при их изготовлении изменения раствора калибра под нагрузкой в стане, от отклонения оси калибров от оси прокатки и др. Исследования в Казахстане проведены с целью промышленного применения процесса для изготовления стальных труб.

Ключевые слова: агрегат, оправка, калибр, опорные валки, прессованные заготовки.

ВВЕДЕНИЕ

Высокая производительность непрерывных процессов и другие их преимущества являются основанием для изготовления стальных труб, особенно для изготовления крупных партий труб из углеродистых сталей одного или близких типоразмеров, потребность в которых возрастает.

Работа над созданием высокопроизводительных непрерывных процессов получения точных труб малого диаметра началась еще начале шестидесятых годов. В Казахстане строились предприятия тяжелой индустрии. В соответствии с нарастающим участием республики в общесоюзном разделении труда получили ускоренное развитие черная и цветная металлургия, нефтяная и газовая, химическая и нефтехимическая, появился ряд новых отраслей промышленности по производству титана, магнезия, глинозема, чугуна, кокса, синтетического каучука, подъемных кранов, электродвигателей, новых волочильных станков и кузнечно-прессовых машин, асбеста и др.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В Казахстане сформулированы основные требования к станам и непрерывным волочильным станам. Одной из первых следует отметить исследование по непрерывной прокатке конденсаторных труб из медных и латунных прессованных заготовок. Был реконструирован непрерывный проволочный стан, создано устройство для удержания и регулирования положения неподвижной оправки, мерилось осевое усилие на оправку. Использовалась та же латунная заготовка, что и при прокатке на длинной оправке. Исследования в Казахстане подтвердили жизнеспособность указанного способа. На этом же стане были прокатаны стальные трубы диаметром 10 мм толщиной стенки 1 мм из стали 20 из заготовки 20 мм с той же толщиной стенки. Задачей данных экспериментов являлось осуществить значительное редуцирование труб без увеличения толщины стенки. Компенсировать значительное утолщение стенки при холодном редуцировании предполагалось обжатием последней на ступенчатых неподвижных оправках. Обжатие стенки происходило за счет того, что в каждом калибре кольцевой зазор между оправкой и валками сохранялся постоянным от первого до последнего – двенадцатого калибра. Во время прокатки производились замеры основных технологических параметров.

Необходимо отметить следующие особенности нового технологического процесса и оборудования:

- при непрерывной прокатке труба одновременно деформируется не более, чем в трёх клетях стана;
- при шаге клетей 1400 мм возникают значительные продольные усилия подпора в трубе между клетями, которые приводят к увеличению нагрузок;
- применение трёхвалковых регулируемых клетей с опорными валками для увеличения жесткости;
- процесс промышленно освоен для изготовления труб из цветных металлов. Успешная эксплуатация стана для прокатки труб из цветных металлов и сплавов и положительные результаты лабораторных исследований позволили перейти к разработке непрерывного стана для прокатки стальных труб. Использование одного такого стана смогло бы заменить 10–15 станов ХПТ аналогичного сортамента. Были сделаны выводы, что качество труб во многом зависит от технологической смазки, геометрии калибров, точности учета при их изготовлении изменения раствора калибра под нагрузкой в стане, от отклонения оси калибров от оси прокатки и др. Проведенные работы подтвердили принципиальную возможность осуществления высокопроизводительного процесса непрерывной прокатки холоднодеформированных труб из углеродистых сталей и явились основой для создания первого опытного стана. Кроме того, были сделаны важные

выводы о возможности одновременной деформации трубы во всех клетях обжимного стана и прокатки в клетях с нерегулируемым раствором валков. Лабораторные условия оставили неразрешенными ряд важных вопросов, от которых в конечном счете зависит целесообразность промышленного использования новой технологии. К этим вопросам относятся прежде всего стабильность процесса, стойкость дорогостоящего инструмента, технологическая смазка, допустимые деформации по толщине стенки, максимальная длина прокатываемых труб, надежное извлечение оправки после прокатки. Исследования в Казахстане проведены с целью промышленного применения процесса для изготовления стальных труб.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволили получить новые важные результаты:

- процесс возможен при одновременной деформации трубы во всех обжимных клетях стана;
- процесс прокатки возможен в клетях с нерегулируемым раствором валков;

В заключение отметим что, сочетание указанных непрерывных процессов прокатки обеспечивает:

- а) высокую степень деформации, которая составляет до 65-70 % по толщине стенки и до 50 % по наружному диаметру при коэффициенте вытяжки до 5,0;
- б) прокатку труб всего сортамента из заготовок одного – двух размеров по диаметру;
- в) прокатку в непрерывном стане труб двух размеров по диаметру, что позволяет сократить число дополнительных клетей и простой при смене сортамента труб.

Таким образом впервые в Казахстане были созданы агрегаты непрерывной прокатки труб, позволяющие производить трубы в условиях массового производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Соколова, О. В.** Особенности процесса волочения труб на длинной оправке / О. В. Соколова, Т. Ю. Комкова. М. : Учебное пособие – М., 2013.
- 2 **Соколова, О. В.** Способы производства прецизионных труб/ О. В. Соколова, А. Е. Комков. – М. : Электронное научно-техническое издание «Наука и образование» № 6, июнь 2011.

3 Соколова, О. В. Технология и оборудование производства труб волочением / О. В. Соколова, А. А. Восканьянц, Т. Ю. Комкова. – М. : Учебное пособие – М., 2013.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Д. С. Уразалимова¹, М. М. Нурманов²

Құбырларды үздіксіз прокаттау процесін дамыту

^{1,2}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140010, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

D. S. Urazalimova¹, M. M. Nurmanov²

The development of the process of continuous rolling of tubes

^{1,2}Faculty of Energy Engineering,

S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Мақалада орнақтарға және үздіксіз созатын орнақтарға қойылатын негізгі талаптар келтірілген. Құбырлардың сапасы көп жағдайда технологиялық майлауға, калибрлер геометриясына, оларды дайындау кезінде стандағы жүктемемен калибр ерітіндісінің өзгеруін есепке алу дәлдігіне, калибрлер осінің прокаттау осінен ауытқуына және т.б. байланысты қорытынды анықталды.

The article presents the basic requirements for mills and continuous drawing mills. It was concluded that the quality of the pipes depends on the technological lubrication, geometry of the gauges, the accuracy of accounting in their manufacture of changes in the caliber solution under load in the mill, the deviation of the axis of the gauges from the axis of rolling, etc. Studies in Kazakhstan conducted for the purpose of industrial application of the process for the manufacture of steel pipes.

ГРНТИ 44.31.35

И. В. Шанов¹, Е. В. Приходько²

¹магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹john1380@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ, КАК ВАЖНЫЙ ЭТАП В СОЗДАНИИ СВЕРХМОЩНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

В настоящей статье производится анализ путей решения снижения затрат на электролитическое производство алюминия за счёт проектирования и внедрения в производство эффективных электролизеров большой единичной мощности. В проектах новых заводов по производству алюминия сохраняется устойчивая тенденция использования в качестве основного агрегата – электролизера с предварительно обожженными анодами. Проработка альтернативных способов пока не дает обнадеживающих результатов.

Повышение качества обожженных анодов, важный этап для снижения производственных затрат на производство алюминия. Повысить качество обожженных анодов за счет применения высококачественного сырья для производства анодов (нефтяной кокс, пек), в настоящее время не представляется возможным, и не только из-за увеличения затрат, наблюдается устойчивая тенденция к снижению качества сырья. В сложившейся ситуации одним из путей повышения качества обожженных анодов может стать рационализация тепловых процессов в печах обжига анодов. На сегодняшний день самыми современными считаются кольцевые печи с открытым верхом, так как они наиболее приспособлены для контроля и регулирования режима обжига «зеленых» анодных блоков.

Ключевые слова: электролизёр, обожженные аноды, режимы обжига, производство алюминия.

ВВЕДЕНИЕ

Снижение затрат на электролитическое производство алюминия является актуальной проблемой алюминиевой промышленности. Один из

путей решения этой проблемы проектирование и внедрение в производство эффективных электролизеров большой единичной мощности (более 300 кА) [1].

Процесс развития технологии получения алюминия в период с 1950 по наше время условно можно поделить на три этапа, охватывающих периоды 1950–1970, 1970–1990 и с 1990 г. по настоящее время.

В 1950-1970 годах в алюминиевой промышленности эксплуатировались преимущественно электролизеры с малой силой тока (40–120 кА), расходующие до 17000 кВт·ч на тонну алюминия. Электролизеры характеризовались малой мощностью. Удельный расход анода (нетто) достигал 500–550 кг на тонну алюминия, удельные выбросы фторида водорода – 5 кг на тонну алюминия.

1970–1990 годы характеризуются созданием и эксплуатацией электролизеров на силу тока 120–280 кА с автоматическим точечным питанием глиноземом и расходом электроэнергии менее 15 000 кВт·ч на тонну алюминия.

С начала 1990-х годов ведутся разработки и внедрение электролизеров силой тока 300–500 кА и более. Удельное потребление электроэнергии в постоянном токе современными электролизерами составляет 12 500–13 800 кВт·ч на тонну алюминия, удельные выбросы фтористого водорода – 0,4–0,6 кг на тонну алюминия. При этом ужесточение энергетических и экологических требований заставляет снижать удельный расход электроэнергии и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При этом повышение производительности действующих электролизеров за счет повышения силы тока, позволяет увеличить производительности алюминиевого завода в качестве быстрого реагирования на рыночные изменения. Однако, это требует, упорной работы в части сведения к минимуму изменений энергопотребления.

Повышение мощности электролизеров позволило не только снизить расход удельный электроэнергии, тем самым снизив затраты на производство, но и значительно снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

В проектах новых заводов по производству алюминия сохраняется устойчивая тенденция использования в качестве основного агрегата – электролизера с предварительно обожженными анодами (ОА). Проработка альтернативных способов пока не дает обнадеживающих результатов [2].

В настоящее время алюминиевые заводы оснащаются электролизёрами с обожженными анодами на силу тока 275–350 кА. На электролизёрах этого типа при анодной плотности тока от 0,85 до 0,88 А/см² достигнут выход

по току ~ 95 %, удельный расход электроэнергии ~13,3 кВт·ч на тонну алюминия, расход анодов 515/415 кг (брутто/нетто).

Реакции, протекающие в электролизере, вносят вклад в расход анода. Те из них, которые не связаны с восстановлением алюминия определяют избыточный расход, который вреден и экологически, и экономически. Теоретический минимум, необходимый для производства составляет 334 кг углерода на тонну металла. С учетом выхода по току расход увеличивается до 355 кг на тонну алюминия. В зависимости от уровня технологии реальный расход обычно составляет от 395 до 425 кг на тонну алюминия, но может достигать и 480 кг. [3].

Стабильный выпуск первичного алюминия электролитическим способом зависит от применяемых технологий и конструкции электролизеров с обожженными анодами (ОА). Особое внимание требуют к себе следующие показатели: производительность, выход по току, технологическая эффективность, расход электрической энергии и сырья.

Перед крупными алюминиевыми производителями ставится цель достичь максимальных показателей на единицу производственной площади. Использование технологий мощного электролиза позволяют кардинально улучшить показатели удельного расхода электроэнергии и выхода по току.

Планируется строительство опытных заводов с электролизерами на силу тока 500 кА.

В настоящее время нет технических ограничений для создания ещё более мощного электролизёра. Например, моделирование МГД, термоэлектрических и механических параметров показывает, что электролизёры могут работать при силе тока 740 кА и выше [4].

Наиболее характерная для мирового рынка структура затрат при получении первичного алюминия электролизом криолитоглиноземных расплавов, выглядит следующим образом:

- глинозем – 39 %;
- электроэнергия – 28 %;
- трудозатраты – 18 %;
- аноды – 12 %;
- фторсоли – 3 %.

Производство качественного алюминия методом электролиза напрямую связано с анодным производством. Значительную часть себестоимости выплавки алюминия занимает производство анодов. По существующим технологиям с использованием предварительно обожженных анодных блоков в электролизерах, расходуется 0,4–0,5 т анода на тонну алюминия. Данное производство нуждается в качественных анодах, от которых зависит чистота и себестоимость выплаваемого металла.

Качественный анод должен соответствовать следующим требованиям:

– высокая стойкость к окислению, позволяющая минимизировать избыточный расход углерода;

– высокая плотность и малая газопроницаемость, сильно влияющие на расход анода, ценообразование и длительность рабочего цикла;

– достаточная механическая прочность, обеспечивающая структурную целостность и возможность проведения транспортных и технологических операций;

– высокая чистота, исключая загрязнение алюминия и уменьшающая расход анода;

– высокое сопротивление термоудару, обеспечивающее нормальную работу ванны.

Исходными материалами для анода служат нефтяной кокс-наполнитель и каменноугольный пек, являющийся связующим. В качестве добавок к электродной массе при изготовлении обожженных анодов используются огарки после электролиза и зеленый скрап. Обычно в состав массы входят приблизительно 65 % кокса, 15 % пека и 20 % скрапа и огарков.

Применение низкокачественных анодов приводит к увеличению затрат на производство металла, доходящих до 60 долларов США на тонну, а также увеличению выброса парниковых газов, достигающему 60 %.

На заводе с годовой производительностью 800000 т/год выбросы парниковых газов при использовании некондиционных анодов увеличиваются более чем на 1 миллион тонн эквивалентных выбросов углекислого газа, или 30 миллионам долларов США по паспорту источника выбросов CO₂.

Поэтому повышение качества обожженных анодов, важный этап для снижения производственных затрат на производство алюминия. Повысить качество обожженных анодов за счет применения высококачественного сырья для производства анодов (нефтяной кокс, пек), в настоящее время не представляется возможным, и не только из-за увеличения затрат, наблюдается устойчивая тенденция к снижению качества сырья:

– увеличивается содержание примесей (серы и ванадия) в нефтяных коксах и одновременно наблюдается ухудшение их механических и химических свойств;

– пеках на фоне увеличения температуры размягчения происходит увеличение содержания веществ не растворимых в хиолине.

Среди всех сырьевых материалов, необходимых для производства первичного алюминия, сырье для производства анодов отличается самым большим разбросом параметров свойств, определяющих качество.

В сложившейся ситуации одним из путей повышения качества обожженных анодов может стать рационализация тепловых процессов

в печах обжига анодов. На сегодняшний день самыми современными считаются кольцевые печи с открытым верхом. Так как они на наиболее приспособлены для контроля и регулирования режима обжига «зеленых» анодных блоков.

Ведение температурного режима обжига «зеленых» анодных блоков.

Температурный режим обжига анодов определяется графиком обжига. Графиком обжига задается значение температуры в греющих простенках камеры в определенный момент времени. Обжиг производится с целью придания «зеленым» анодным блокам необходимых физико-химических свойств: высокой механической прочности, электропроводности и химической стойкости за счет коксования пека под воздействием высоких температур, образующих от сгорания мазута и летучих продуктов обжига. Конечная температура в греющих простенках 1150 ± 50 °С.

Любое отклонение, превышающее ± 50 °С от заданных по графику обжига температур, приводит к выпуску обожженных анодных блоков, не соответствующих физико-химическим свойствам: высокой механической прочности, электропроводности и химической стойкости, что ведет к экономическим потерям и является нерациональным использованием энергоресурсов.

ВЫВОДЫ

Вероятность повреждения анодов в процессе электролиза напрямую зависят от параметров обжига. Обжиг является самой затратной стадией производства анодов. Соответственно, оптимизация процесса обжига, включающая рационализацию тепловых процессов производства обожженных анодов играет чрезвычайно важную роль в создании эффективных электролизеров большой единичной мощности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Бажин, В. Ю.**, Обоснование ресурсосбережения в технологии производства алюминия в высокоамперных электролизерах с обожженными анодами / Материалы конференции «Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы» – Тамбов, 2011, 26 декабря. – С. 27.

2 **Николаев, И. В., Москвитин, В. И., Фомин, Б. А.** Металлургия легких металлов. – М.: Металлургия, 1997. – 432 с.

3 **Халлс, К. Л.**, Производство анодов. – Красноярск: «Классик-центр», 2004. – 452 с.

4 **Янко, Э. А.** Производство алюминия. – СПб., 2007. – 189 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

И. В. Шанов¹, Е. В. Приходько²

Аса қуатты электролизерді құрудағы маңызды кезең ретінде күйдірілген анодтардың сапасын арттыру

^{1,2}С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.
Материал 19.12.18 баспаға түсті.

I. V. Shanov¹, E. V. Prihod'ko²

Upgrading of burnt anodes as the important stage in the creation of super-power electrolyzer

^{1,2}S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 19.12.18.

Осы бапта үлкен бірлі-жарым қуатты тиімді электролизерлерді жобалау және өндіріске енгізу есебінен алюминийдің электролиттік өндірісіне шығындарды азайтуды шешу жолдарына талдау жүргізіледі. Алюминий өндіретін жаңа зауыттардың жобаларында алдын ала күйдірілген анодтары бар негізгі агрегат – электролизер ретінде пайдаланудың тұрақты үрдісі сақталуда. Баламалы тәсілдерді нысықтау әзірге үміт күттіретін нәтижелер бермейді.

Күйдірілген анодтардың сапасын арттыру, алюминий өндірісіне өндірістік шығындарды төмендету үшін маңызды кезең. Анодтарды (мұнай коксы, пек) өндіру үшін жоғары сапалы шикізатты қолдану есебінен күйдірілген анодтардың сапасын арттыру қазіргі уақытта мүмкін емес және шығындардың ұлғаюына байланысты ғана емес, шикізат сапасының төмендеуіне тұрақты беталыс байқалады. Қалыптасқан жағдайда күйдірілген анодтардың сапасын арттыру жолдарының бірі анодтарды күйдіру пештерінде жылу процестерін ұтымды ету болуы мүмкін. Бүгінгі күні ең заманауи болып ашық үстіңгі сақина пештері саналады. Өйткені олар "жасыл" анодты блоктарды күйдіру режимін бақылау және реттеу үшін неғұрлым бейімделген.

In the article, the cost cutout analysis is projected on the electrolytic production of aluminium that is achieved due to planning and applying effective electrolyzers of unit power in the industry. In the projects of new aluminium production plants, the steady tendency of using electrolyzer

with preliminary burnt anodes as a basic aggregate is saved. Alternative methods do not give encouraging results.

Upgrading the quality of burnt anodes is an important stage for a productive cost cutout on the production of aluminium. Presently it is not possible to improve the burnt anodes quality through the application of high-quality raw material for the production of anodes (petroleum coke, pitch) due to not only the increase of expenses, but there is also a steady tendency to the decline of quality of raw material. In the current situation, the rationalization of thermal processes in the stoves for anodes burning can become one of the ways of burnt anodes upgrading. To date, circular stoves with an open top are considered the most modern, since they are the most accommodated for control and adjustment of the mode of «green» anodes burning.

С. Т. Шорманов¹, С. Т. Толеугали², Н. Б. Абдрахманова³

¹ст. науч. сотр., Аттестации производственных объектов и разработки профессиональных стандартов, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²науч. сотр., Лаборатория аттестации производственных объектов и разработки профессиональных стандартов, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³руководитель, Лаборатория аттестации производственных объектов и разработки профессиональных стандартов, РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана, 010000, Республика Казахстан

e-mail: ¹shormanov@rniiot.kz; ²std@rniiot.kz; ³sagi-sagi@mail.ru

ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В статье рассматривается анализ производственного травматизма и основные причины несчастных случаев в организациях строительного сектора.

В настоящее время количество подрядных строительных организаций относительно стабильно и варьируется в пределах 7-7,5 тыс. компаний. Строительство относится к одной из тех отраслей хозяйственной деятельности, которая требует повышенного внимания к решению вопросов безопасности и охраны труда. Это обусловлено большим количеством различных факторов. Так, например, в процессе трудовой деятельности работников строительных организаций приходится сталкиваться с огромным количеством опасных и вредных производственных факторов. Строительная отрасль, несмотря на механизацию, требует больших затрат ручного труда, и профессиональные риски, которым подвергаются работники, являются значительными по сравнению с рисками в других отраслях экономики.

Ключевые слова: строительная отрасль, строительный сектор, строительная организация, работодатель, государственная инспекция труда, система управления охраной труда, анализ производственного травматизма.

ВВЕДЕНИЕ

Строительный сектор в Казахстане остается как одним из важных секторов экономики. На долю данного сектора приходится до 6 процентов ВВП Казахстана.

В настоящее время в строительном секторе Казахстана функционирует свыше 53 тысячи организаций различных форм собственности. При этом, доля действующих юридических лиц в отрасли строительства составляет более 13 процентов от общего количества действующих в республике организаций. Прирост действующих юридических лиц за последние 5 лет составил свыше 19 процентов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

По размерности в секторе преобладают малые предприятия с численностью занятых до 100 человек – их доля составляет свыше 98 процентов. С 2013 года сократилось количество крупных организаций, действующих в отрасли строительства: с 204 в 2013 году до 183 по итогам 2017 года. Тенденция к сокращению наблюдается и в средних предприятиях (от 100 до 250 человек), их количество в 2017 году сократилось до 425 по сравнению с 2013 годом (831 организация). Количество подрядных строительных организаций относительно стабильно и варьируется в пределах 7–7,5 тыс. компаний [6].

В таблице 1 приведено количество (в единицах) и доля (в процентах) действующих юридических лиц в строительной отрасли Республики Казахстан по итогам 12 месяцев 2013–2017 годов [6].

Таблица 1 – Количество действующих юридических лиц в строительной отрасли Республики Казахстан по итогам 12 месяцев 2013–2017 годов

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Количество юридических лиц Респуб-лики Казахстан, всего ед.	317926	338981	383833	360287	383850

Количество действующих юридических лиц в строительной отрасли, в единице, в том числе:	43051	46850	50037	51121	53481
Крупные	204	211	204	199	183
Средние	831	857	893	451	425
Малые	42016	45782	48940	50471	52873
Государственная форма собственности	85	77	67	51	48
Частная форма собственности	40941	44604	47812	48987	51041
Доля действующих юридических лиц в строительной отрасли, в процентах, в том числе:	13,54	13,82	14,14	14,19	13,93
Крупные	0,47	0,45	0,41	0,39	0,34
Средние	1,93	1,83	1,78	0,88	0,79
Малые	97,60	97,72	97,81	98,73	98,86
Государственная форма собственности	0,20	0,16	0,13	0,10	0,09
Частная форма собственности	95,10	95,21	95,55	95,83	95,44

Численность занятого населения в строительной отрасли в 2017 году насчитывала около 664,1 тыс. человек, увеличившись на 5,2 процента по сравнению с 2013 годом. При этом максимальное число занятых в данной отрасли было зафиксировано в 2015 году – 689,5 тыс. человек. В общем объеме занятого населения республики, доля занятых в отрасли строительства варьирует в диапазоне 7,0–7,5 процентов [6].

Согласно данным Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан, ежегодный объем работ, выполняемых по виду деятельности «Строительство» с 2013 по 2017 год вырос с 2 667 млрд. тенге до 3 309 млрд., показав стабильную динамику роста [6].

Строительство относится к одной из тех отраслей хозяйственной деятельности, которая требует повышенного внимания к решению вопросов безопасности и охраны труда. Это обусловлено большим количеством различных факторов. Так, например, в процессе трудовой деятельности работников строительных организаций приходится сталкиваться с огромным количеством опасных и вредных производственных факторов.

Особенностями работы в строительной отрасли являются: мобильность и временность места работ, работа в условиях неблагоприятного климата, на высоте, тяжесть и напряженность работы, воздействие опасных и вредных производственных факторов, таких как шум, вибрация, температура, пыль и другие.

Сюда же можно добавить необходимость применения на строительной площадке в процессе трудовой деятельности большого количества различного строительного оборудования (подъемники, леса, стремянки и другие), электро- и пневмоинструмента, специализированного автотранспорта, прочих машин и механизма (краны, передвижные компрессоры, погрузчики и другие), которые требуют дополнительного обучения работников по вопросам безопасности и охраны труда и повышенного внимания во время работы.

Повышенная опасность при выполнении строительных работ может привести к тому, что любое, даже незначительное нарушение требований безопасности труда может быть причиной тяжелых травм или гибели людей.

В строительной отрасли республики производственная травма со смертельным исходом из года в год остается высоким. По данным Комитета труда, социальной защиты и миграции Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан за последние пять лет в строительной отрасли республики погибло 389 человек, в том числе 2013 г. – 79, 2014 г. – 94, 2015 г. – 80, 2016 г. – 66, 2017 г. – 70 человек [5].

За истекший год в республике на производстве получили травмы 1678 человек, в том числе погибло 244, в организациях строительной отрасли на производстве получили травмы 256 человек, в том числе погибло 70 человек, что составляет 28,64 % от общего числа погибших на производстве [5].

В таблицах 2 и 3 приведены данные по производственному травматизму Комитета труда, социальной защиты и миграции Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан [5].

Таблица 2 – Распределение численности пострадавших на производстве в строительной отрасли Республики Казахстан по итогам 12 месяцев 2013–2017 годов

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Число всего пострадавших на производстве, чел.	1997	2006	1723	1683	1678
Число пострадавших при строительной отрасли, чел.	350	407	341	237	256
Процент пострадавших от общего числа в строительстве	17,4	20,2	19,0	14,0	15,3

Таблица 3 – Распределение численности пострадавших на производстве со смертельным исходом в строительной отрасли Республики Казахстан по итогам 12 месяцев 2013–2017 годов

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Число всего погибших на производстве, чел.	301	334	251	248	244
Число погибших при строительной отрасли, чел.	79	94	80	66	70
Процент погибших от общего числа в строительстве	26,2	28,1	31,8	26,6	28,6

Анализ производственного травматизма, проводимый Государственной инспекцией труда по республике, позволил сделать выводы о том, что основными причинами несчастных случаев на строительных отраслях являются:

- неудовлетворительная организация производства работ;
- нарушение правил безопасности труда и дорожного движения;
- недостатки в обучении безопасным приемам труда;
- неудовлетворительное содержание территорий (строительной площадки) и недостатки в организации рабочих мест;
- неприменение работником средств индивидуальной защиты вследствие необеспеченности ими работодателем [5].

Кроме того, относительно высок уровень производственного травматизма по причине нарушения самим работником трудовой и производственной дисциплины.

Наряду с другими причинами, обуславливающими проблемы строительной сферы, отсутствие системного подхода или бездействие системы управления охраной труда на предприятии препятствует развитию и поддержанию культуры безопасного труда, а дефицит этой культуры у работников увеличивает влияние человеческого фактора на возникновение аварий или происшествий на производстве.

К сожалению, производство строительных работ сопряжено с воздействием опасных факторов, которые невозможно устранить полностью, или уменьшить степень их воздействия на работника до нормативных значений. Поэтому одной из задач, касающейся сохранения жизни, здоровья и безопасности, и содействующей исправлению неблагоприятной ситуации в строительной отрасли, является повышение эффективности системы управления охраной труда на предприятии.

В настоящее время строительная индустрия республики характеризуется разнообразием строительных объектов, технологических и организационных способов производства строительного-монтажных работ.

Строительная отрасль, несмотря на механизацию, требует больших затрат ручного труда, и профессиональные риски, которым подвергаются работники, являются значительными по сравнению с рисками в других отраслях экономики. Из-за особенностей работы на строительной площадке условия труда на рабочих местах очень часто меняются, в связи, с чем изменяются и профессиональные риски, которым подвергаются работники. Кроме того, традиционно в этой отрасли работает большое количество мигрантов из стран с более низким уровнем заработной платы, а также сельские жители без строительных профессий, принимаемых на работу неформально и краткосрочно.

Работодатели обязаны оценивать риски и принимать практические меры для защиты безопасности и здоровья своих работников, вести учет аварий, предоставлять информацию и провести обучение, осуществлять консультации сотрудников. Координировать разрабатываемые меры с подрядчиками и строго соблюдать требования предписанной Конвенцией МОТ № 167 «Конвенция о безопасности и гигиене труда в строительстве», ратифицированной Законом Республики Казахстан от 19.06.2007 г.

Одним из факторов снижения производственного травматизма является внедрение международных и национальных стандартов, которые включают в себя аттестацию производственных объектов. Аттестация даёт возможность работодателю объективно выявить конкретные рабочие места с вредными условиями труда, недостатки в обеспечении травмобезопасности рабочих мест и обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты, что в свою очередь, на основе целенаправленных организационных и гигиенических рекомендаций позволяет сократить уровень опасности трудового процесса, рисков, производственного травматизма, снижению общего и профессионального заболевания.

В экономике Казахстана занято 8,6 млн. работников. Обследовано охвачено 1,8 млн. работников (по данным органов статистики) и, при этом число работающих во вредных и опасных условиях труда в экономике страны установлено 350,0–370,0 тысячи человек, а это составляет удельный вес более 20 процентов обследованных работников по условиям труда. При этом установлено, что в строительной отрасли в порядке 20,0 тысячи человек заняты во вредных и (или) опасных условиях труда, а это составляет свыше 5,0 процентов от общей численности занятых во вредных и (или) опасных условиях труда.

В таблицах 4 и 5 приведены данные по распределению численности занятых во вредных и (или) опасных условий труда на производстве в строительной отрасли за 2013–2017 годы и удельный вес работников за 2017 год.

Таблица 4 – Распределение численности занятых во вредных и (или) опасных условий труда на производстве в строительной отрасли Республики Казахстан по итогам 12 месяцев 2013–2017 годов

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Общая численность занятых во вредных и (или) опасных условиях труда во всех отраслях экономики, тыс. чел.	375,4	391,2	350,0	367,7	370,1
Численность занятых во вредных и (или) опасных условиях труда в строительной отрасли, тыс. чел.	44,0	40,4	22,51	19,62	19,61
Процент занятых во вредных и (или) опасных условиях труда от общего числа в строительстве	11,2	10,3	6,4	5,3	5,2

Таблица-5 Удельный вес работников предприятий Республик Казахстан, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, по воздействию факторам и видам экономической деятельности (в процентах от общей численности), данные 2017 года

Вид экономической деятельности	Работали в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам	Заняты тяжелым физическим трудом	Работали на оборудовании, не отвечающем требованиям безопасности
Всего	370133	84588	890
Добыча полезных ископаемых	20232	895	-
Обрабатывающие производства	95807	10322	-
Строительство	19610	8116	-
Транспорт	51863	27025	-
Сельское хозяйство	3486	853	-
Казахстан в целом удельный вес работников	20,6	4,7	0,5

Основными неблагоприятными факторами, воздействующими на строительных рабочих и приводящими к снижению работоспособности и утрате здоровья, являются повышенные уровни шума и вибрации,

запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, неблагоприятные микроклиматические условия, химический фактор, а также тяжесть и напряженность трудового процесса.

Установлено, что в среднем около 16 % строительных рабочих подвергаются воздействию вредных химических веществ в течение половины рабочего времени. Вредные химические вещества содержат краски, смолы, строительные смеси, горюче – смазочные материалы, клеи, продукты горения при проведении электро и газосварки, выхлопные газы автотранспорта и т.д.

По данным Комитета охраны общественного здоровья Министерства здравоохранения Республики Казахстан за последние пять лет в отрасли экономики республики получили профессиональные заболевания 3730 человек, в том числе 2013 г.– 935, 2014 г.– 934, 2015 г.– 908, 2016 г.– 425, 2017 г.– 528 человек. Однако за истекший год только у двух работника строительной отрасли зарегистрирована профессиональная заболевания.

Основным Законом Республики Казахстан, устанавливающим правовые основы в области безопасности и охраны труда, является Трудовой кодекс Республики Казахстан, который вступил в действие с 1 января 2016 года.

Законодательные нормы по вопросам охраны здоровья трудоспособного населения и безопасности производственной деятельности закреплены также:

- в Законе Республики Казахстан от 16 июля 2001 года «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан»;
- в Кодексе Республики Казахстан от 18 сентября 2009 года «О здоровье народа и системе здравоохранения».

Наряду с этим действуют отраслевые стандарты, нормы, правила, нормативно-правовые акты по безопасности и охране труда, а также подзаконные нормативные правовые акты смежные с областью охраны труда, которые разрабатываются и утверждаются в установленном порядке соответствующими государственными органами и ведомствами, а также организациями (их более 800 наименований).

ВЫВОДЫ

Для научного сопровождения разработки и внедрения нормативно-правовой базы Республики Казахстан и проведения прикладных исследований в области безопасности и охраны труда в Казахстане создан Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда. Результаты научных исследований используются в долгосрочной перспективе. На текущий момент, по рекомендациям МОТ, формируются научно-обоснованные подходы по успешному внедрению системы управления профессиональными рисками на предприятиях различных отраслей Республики Казахстан, путем обоснования понятийного аппарата, процедур выявления, оценки и управления

профессиональными рисками, установления критериев его оценки, с разработкой проектов нормативно-правовых документов, регулирующих данный вопрос. Также прорабатывается вопрос эффективного регулирования труда работников, занятых на тяжелых работах, работах с вредными и опасными условиями труда в части предоставления гарантий и защитных мер по охране труд.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Конституция Республики Казахстан (Конституция принята на республиканском референдуме 30 августа 1995 года).

2 Трудовой Кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13.06.2017 г.).

3 Кодекс Республики Казахстан от 18 сентября 2009 года «О здоровье народа и системе здравоохранения».

4 Закон Республики Казахстан от 16 июля 2001 года «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан».

5 Сводные отчеты о работе государственной инспекции труда Республики Казахстан за 2013–2017 годы.

6 **Шинкеева, Г.** автор статья «Анализ строительного сектора Республики Казахстан в 2016–2017 г.г.». АО «Рейтинговое Агентство РФЦА» сайт www.rfcaratings.kz.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

С. Шорманов¹, С. Төлеугали², Н. Әбдрахманова³

Қазақстан Республикасының құрылыс секторындағы еңбекті қорғау

^{1,2,3}Қазақстан Республикасының Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігің

Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты, Астана қ., 010000 Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

S. Shormanov¹, S. Toleugali², N. Abdrakhmanova³

Labor protection in the construction sector of the Republic of Kazakhstan

^{1,2,3}Republican Scientific Research Institute for

Labor Protection of the Ministry of Labor and Social Protection of Population of the Republic of Kazakhstan,

Astana, 010000 Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Осы мақалада құрылыс секторындағы ұйымдардағы кәсіптік жарақаттар мен апаттардың негізгі себептерін талдау қарастырылған. Қазіргі уақытта мердігерлік құрылыс ұйымдарының саны салыстырмалы түрде тұрақты және 7–7,5 мың компаниялар арасында өзгереді. Құрылыс жұмыстары қауіпсіздікті және еңбекті қорғау мәселелерін шешуге назар аударуды талап ететін экономикалық қызмет салаларының біріне жатады. Бұл көптеген факторларға байланысты. Мысалға, құрылыс ұйымдарының қызметкерлерінің еңбек қызметі барысында көптеген қауіпті және зиянды өндіріс факторларымен айналысуға тура келеді. Құрылыс индустриясы механикаландыруға қарамастан, қолмен жұмыс күшінің үлкен шығындарын талап етеді және қызметкерлердің кәсіби тәуекелдері экономиканың басқа секторларындағы тәуекелдермен салыстырғанда елеулі болып табылады. Жұмыс берушілер тәуекелдерді бағалап, қызметкерлердің қауіпсіздігі мен денсаулығын қорғау, жазатайым оқиғаларды есепке алу, ақпарат беру және оқыту, сондай-ақ персоналмен кеңесу үшін практикалық шаралар қабылдайды.

The article considers the analysis of occupational injuries and the main causes of accidents in the construction sector organizations. Currently, the number of contract construction organizations is relatively stable and varies between 7–7.5 thousand companies. Construction refers to one of those branches of economic activity that requires increased attention to the solution of safety and labor protection issues. This is due to a large number of different factors. So, for example, in the process of labor activity of workers in construction organizations have to deal with a huge number of hazardous and harmful production factors. The construction industry, despite mechanization, requires a large expenditure of manual labor, and the professional risks faced by workers are significant compared to risks in other sectors of the economy. Employers are required to assess risks and take practical measures to protect the safety and health of their employees, keep records of accidents, provide information and conduct training, and consult staff.

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 **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 **ГРНТИ** (Государственный рубрикатор научной технической информации);

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;**

4 **Аффилиация** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, почтовый индекс, страна) – на казахском, русском и английском языках;

5 **E-mail;**

6 **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*);

7 **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 – не менее 100 слов, прописными буквами, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

8 **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*);

9 **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

– слово **ВВЕДЕНИЕ / KIPICPE / 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 признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно ссылаться 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 / НЕГІЗГ 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 данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (*не более 1 страницы*).

10 **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*).

11 **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В 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: kereky@mail.ru

www.vestnik.psu.kz

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

Наши реквизиты:

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 HSBKZKZKX

Кбе 16

Код 16

КНП 861

ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:

ГРНТИ 396.314.3

А. Б. Есимова

к.п.н., доцент, Гуманитарно-педагогический факультет, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан, 161200, Республика Казахстан
e-mail: ad-ad_n@mail.ru

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В статье рассматриваются вопросы, связанные с кодификацией норм устной речи в орфоэпических словарях, являющихся одной из отраслей ортологической лексикографии. Проводится анализ составления первых орфоэпических словарей, говорится о том, что в данных словарях большее внимание уделяется устной орфографии в традиционном применении, а языковые нормы устной речи остались вне внимания. Также отмечается, что нормы устной речи занимают особое место в языке программ средств массовой информации, таких как радио и телевидение, и это связано с тем, что диктор читает свой текст в микрофон четко по бумажке. В статье также выявлены отличия устной и письменной речи посредством применения сравнительного метода, и это оценивается как один из оптимальных способов составления орфоэпических словарей.

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

Диаграмма 1 - Показатели репродуктивного поведения

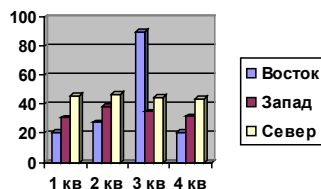


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

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

Гуманитарлық-педагогикалық факультеті,
Қ. А. Ясави атындағы Халықаралық Қазақ-Түрік университеті,
Түркістан қ., 161200, Қазақстан Республикасы.

А. В. Yesimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

Faculty of Humanities and Education,
K. A. Yesevi International Kazakh-Turkish University,
Turkestan, 161200, Republic of Kazakhstan.

Мақалада ортологиялық лексикографияның бір саласы – орфоэпиялық сөздіктердегі ауызша тіл нормаларының кодификациялануымен байланысты мәселелер қарастырылады. Орфоэпиялық сөздік құрастырудың алғашқы тәжірибелері қалай болғаны талданып, дәстүрлі қолданыстағы ауызша емлесімен, әсіресе мектеп өмірінде жазба сөзге ерекше көңіл бөлініп, ал ауызша сөздің тілдік нормалары назардан тыс қалғаны айтылады. Сонымен қатар ауызша сөз нормаларының бұқаралық ақпарат құралдары – радио, телевизия хабарлары тілінде ерекше орын алуы микрофон алдында диктордың сөзді қағаз бойынша нақпа-нақ, тақпа-тақ айтуымен байланысты екені атап көрсетіледі. Сөздікте ауызша сөзбен жазба сөздің салғастыру тәсілі арқылы олардың айырмасын айқындағаны айтылып, орфоэпиялық сөздік құрастырудың бірден-бір оңтайлы жолы деп бағаланады.

The questions, related to the norms of the oral speech codification in pronouncing dictionary are the one of the Orthologous Lexicography field, are examined in this article. The analysis of the first pronouncing dictionary is conducted, the greater attention in these dictionaries is spared to verbal orthography in traditional application, and the language norms of the oral speech remained without any attention. It is also marked that the norms of the oral speech occupy the special place in the language of media programs, such as radio and TV and it is related to that a speaker reads the text clearly from the paper. In the article the differences of the oral and writing language are also educed by means of application of comparative method and it is estimated as one of optimal methods of the pronouncing dictionary making.

Теруге 19.12.2018 ж. жіберілді. Басуға 28.12.2018 ж. қол қойылды.
Пішімі 70x100 $\frac{1}{16}$. Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 24,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова
Тапсырыс № 3350

Сдано в набор 19.12.2018 г. Подписано в печать 28.12.2018 г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. Бумага книжно-журнальная.
Усл. печ. л. 24,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова
Заказ № 3350

«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
www.vestnik.psu.kz