



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»  
(Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ)  
Механико-технологический факультет  
Кафедра электроэнергетики и теплоэнергетики

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**Всероссийской научно-практической конференции с международным участием**

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ»**

**23 марта 2018**

**Орск**

УДК 620  
ББК 31  
С 56

**Редакционная коллегия:**

**Баширова Е. В.**, кандидат педагогических наук, доцент, кафедра  
электроэнергетики и теплоэнергетики.

**Ануфриенко О. С.**, кандидат технических наук, доцент, кафедра  
электроэнергетики и теплоэнергетики.

**Белянцева Н. В.**, старший преподаватель, кафедра электроэнергетики  
и теплоэнергетики.

**Современные технологии в электроэнергетике и теплоэнергетике :**  
**С 56** сборник материалов международной научно-практической конференции  
(23 марта 2018, Орск). – Ставрополь: Логос, 2018. – 185 с.

**ISBN 978-5-905519-99-4**

**УДК 620**  
**ББК 31**

**ISBN 978-5-905519-99-4**

© Коллектив авторов, 2018

© Орский гуманитарно-технологический институт  
(филиал) ОГУ, 2018

© Оформление: Научно-издательский центр  
«Логос», 2018

## **РАЗДЕЛ 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ И АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

---

### **ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ ПОДЪЕМНОЙ СКИПОВОЙ УСТАНОВКИ**

**Адаев Бауыржан Амангельдиевич,  
Ермагамбетов Мурат Маликович,**

АО «ТНК «Казхром» – Донской горно-обогатительный комбинат, г. Хромтау,  
Республика Казахстан

### **PROJECN FOR THE MODERNIZATION OF THE UNDERGROUND SCYTHIAN PLANT**

***Аннотация:** В статье предлагается комплексное решение по модернизации морально устаревшего и физически изношенного электрооборудования скиповой подъемной машины МПБ-6,3х2,8/2,8 шахты «10 лет Независимости Республики Казахстан Донской ГОК – филиал ТНК «Казхром», г. Хромтау.*

***Ключевые слова:** Модернизация, эксплуатация, частотный преобразователь, подъемная установка.*

***Abstract:** The article provides a comprehensive solution for the modernization of obsolete and physically worn-out electrical equipment skip hoisting machine MPB-6, 3x2, 8/2, 8 mine «10 years of Independence of the Republic of Kazakhstan Donskoy GOK - branch of TNK «Kazchrome», Khromtau.*

***Key words:** Modernization, operation, frequency Converter, lifting equipment.*

В статье предложено комплексное решение по модернизации скиповой подъемной установки на базе оборудования и комплектующих изделий лучших европейских производителей с высокими эксплуатационными характеристиками.

При этом решаются следующие задачи:

1. Комплектная поставка оборудования в объеме соответствующем Техническому заданию и предварительно разрабатываемому НПФ «МИДИЭЛ» техническому проекту модернизации;
2. Согласование решений по модернизации подъемной установки;
3. Комплектация электропривода подъемной машины МПБ-6,3х2,8/2,8 современным тиристорным приводом постоянного тока с системами управления, автоматизации и контроля на базе микропроцессорной техники;

4. Комплектование электрической части машин современными системами диагностики и контроля основных функциональных узлов с развитым интерфейсом «человек-машина»;

5. Выполнение замены, и ввод в эксплуатацию электрооборудования в требуемые Техническим заданием сроки, обеспечивающие минимальный простой подъемной установки;

Основные параметры машины подъемной шахтной и подъемной установки, для которой предназначен комплект поставляемого оборудования, приведен в таблице 1.

Все электрооборудование комплекта модернизации шахтных подъемных машин разрабатывается в соответствии с требованиями ГОСТ12.2.003-91, ГОСТ12.2.007-75, «Правил безопасности в угольных шахтах», «Единых правил безопасности при разработке рудных, нерудных и рассыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом». Применяются электрические изделия класса 01 по степени защиты человека от поражения электрическим током. Все применяемое серийное электрооборудование снабжается сертификатами национальных испытательных центров стран – производителей, комплект электрооборудования будет сертифицирован в Республике Казахстан и имеет разрешение на применение органа технического надзора РК.

**Таблица 1**

№ п/п	Наименование	Величина
1	Тип машины	МПБ-6,3х2,8/2,8
2	Назначение подъемной установки	подъем груза; ревизия ствола и канатов
3	Высота подъема, м	665
4	Подъемный сосуд	Скип-скип
5	Скорость подъема проектная, м/с	12 (8,5 факт)
6	Масса полезного груза, поднимаемого за один раз, кг	20 000
7	Масса, кг: скипов	14170
8	Диаметр барабана, мм	6 300
9	Ширина барабана, мм	2 800
10	Количество барабанов	2
11	Передаточное число редуктора	без редуктора
12	Число приемных площадок	2 (+0,0; +21,0)
13	Число горизонтов	1 (-238,5)
14	Подъемный канат: диаметр, мм линейная масса, кг/м	60,5 15,24
15	Диаметр копрового шкива, м	5
16	Главный привод	постоянного тока

Конструкция машины и электрическая схема управления и защит обеспечивает выполнение «Правил промышленной безопасности при ведении работ подземным способом» утвержденных МЧС Республики Казахстан» и требований технического регламента «Требования безопасности к шахтным подъемным установкам».

Электрооборудование шахтной подъемной машины включает в себя:

- систему электропривода;
- систему управления и защиты;

Электрическая часть шахтной подъемной установки проектируется и изготавливается на базе комплектного оборудования, изготавливаемого в настоящее время по отработанным компоновочным схемам, а также аппаратуры и комплектующих изделий, серийно изготавливаемых по освоённой технологии, принятых на основании проверенных в производстве и эксплуатации технических решений. Электрическая часть машин оснащается современной системой тиристорного электропривода постоянного тока, микропроцессорной системой управления, защиты, диагностики и контроля с развитым интерфейсом «человек-машина». Оборудование электропривода, системы управления и защиты предусматривает установку на поверхности, на высоте до 1000 м над уровнем моря, в закрытом отапливаемом помещении, в условиях, не опасных по газу и пыли. Диапазон температур окружающего воздуха при работе – +5°С – +40°С.

Оборудование предусматривает электропитание от следующих источников:

- электропривод: трехфазное 900В ± 10%, 50 ± 1Гц;
- система управления и защиты: однофазное 220В ± 10%, 50 ± 1Гц;

Комплект модернизации совместно с электрооборудованием, не подлежащим замене, обеспечивает установленные рабочие параметры подъема, режимы управления и безопасность работы. Схемные решения, предусматриваемые техническим проектом, обеспечат привязку комплекта модернизации к существующему оборудованию с минимальными доработками.

Электропривод шахтной подъемной машины выполнен на базе существующего электродвигателя постоянного тока по системе тиристорный преобразователь-двигатель (12-пульсная схема). Управление преобразователями производится по принципу Ведущий – Ведомый.

Применены тиристорные преобразователи серии DCS800 производства фирмы АВВ (Швеция). Преобразователи включены по параллельной схеме, с подключением к нагрузке через общий токоограничивающий реактор. Состав поставляемого оборудования электропривода приведен в таблице 2.

**Таблица 2**

№ п\п	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Примечание
1	Преобразователь DCS 800-A02-4000-10-D, 4000А, 990В со встроенным возбудителем DCS 800-A21-0405-05-D 340А, 440В	компл.	1	Левое исполнение
2	Преобразователь DCS 800-A02-4000-10-D, 4000А, 990В	шт.	1	Правое исполнение
3	Реактор токоограничивающий Т-образный, 5000А, 1,327мГн	шт.	1	

Конструктивными и схемными решениями преобразователей предусматривается возможность совместной работы с существующим оборудованием системы электропривода, замена которого не предусматривается: трехобмоточным силовым трансформатором типа ТДТП-8000/10 (6), 6000/930 В; линейным контактором ШПС 3239-99А2 и быстродействующим выключателем шкафа ШПС 8131-99 В2Ж, используемыми для оперативной коммутации электродвигателя и защиты выходных цепей преобразователей.

Состав силового оборудования электропривода, не подлежащего замене, приведен в таблице 3.

**Таблица 3**

№ п\п	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Примечание
1	Трансформатор ТДТП-8000/10(6), 6000/930 В, схема соединений D/D-Y-0-11, номинальный ток вентильной обмотки 2*2570 А.	шт.	1	
2	Шкаф быстродействующего выключателя ШПС 8131-99 В2Ж	шт.	1	
3	Шкаф линейного контактора ШПС 3239-99А2	шт.	1	

Преобразователи смонтированы в шкафах для установки внутри помещения, один из них имеет левое исполнение, второй – правое. Силовой модуль первого преобразователя расположен справа, второго преобразователя – слева. Конструкция и схема совместного включения преобразователей показана на рисунке 1 и 2.

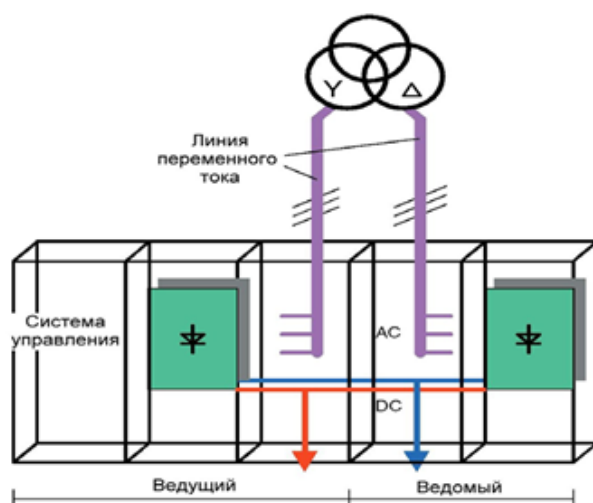


Рисунок 1. 12-пульсное параллельное соединение преобразователей серии DCS800

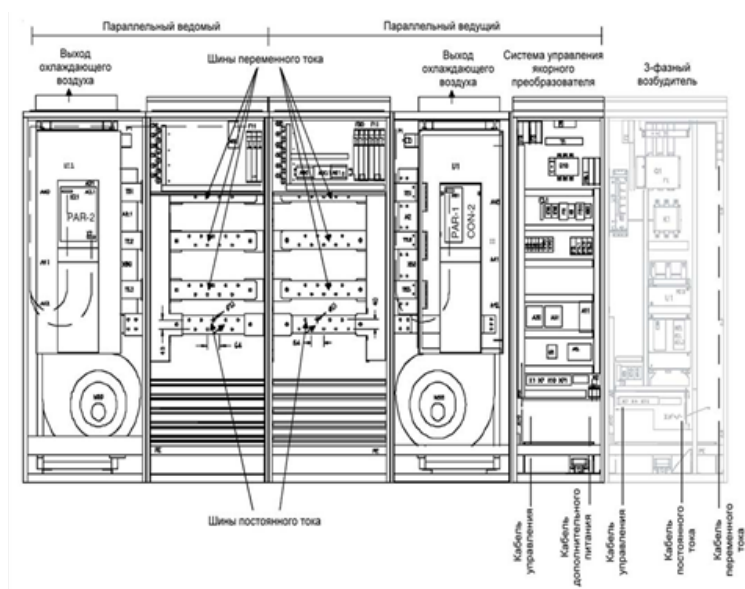


Рисунок 2. 12-пульсный преобразовательный агрегат на базе DCS800 – общий вид (двери шкафов сняты)

Электропитание тиристорного возбудителя осуществляется от существующего щита управления вспомогательными приводами, в котором Заказчиком при необходимости должен быть установлен дополнительный автоматический выключатель.

Предусматриваемое в преобразователях опциональное оборудование обеспечивает необходимые функции контроля, защиты и безопасности работы преобразователей (гальваническая развязка измерительных цепей, контроль сопротивления изоляции силовой цепи, аварийная кнопка на двери шкафа).

Управление электроприводом предусматривается по высокоскоростной оптоволоконной шине DDCS. Комплект аппаратуры, установленной в преоб-

разователях, позволяет осуществлять дистанционный контроль и установку параметров из кабины машиниста.

Для обеспечения точности поддержания скорости и вращающего момента электропривод использует сигнал обратной связи по скорости от импульсного датчика, устанавливаемого на свободном конце вала подъемной машины (на месте присоединения демонтируемого аппарата АЗК-1).

Цифровое управление обеспечивает всестороннюю диагностику, включая обнаружение:

- токовых перегрузок;
- перенапряжений;
- замыканий на землю;
- перегрузки двигателя;
- колебаний тока;
- ошибки измерения скорости;
- потери возбуждения.

Микропроцессорная система управления электропривода обеспечивает функционирование следующих защит:

- токовая защита во время пауз;
- защита от исчезновения возбуждения;
- максимальная токовая защита главной цепи и цепи возбуждения подъемного двигателя;
- минимальная защита от понижения напряжения переменного тока;
- контроль последовательности чередования фаз;
- от перегрузки преобразователя;
- токовая защита от перегрузки двигателя;
- от превышения максимальной частоты вращения двигателя;
- от мгновенной перегрузки по току;
- гармоническая защита по постоянному току (пики тока);
- от замыканий на землю;
- от неисправности вентиляции;
- от перенапряжений в цепи выпрямленного напряжения;
- контроль сигнала обратной связи по скорости;
- контроль стопорения двигателя.

Токоограничивающий реактор с требуемыми величинами номинального рабочего тока и индуктивности обеспечивает параллельное включение тиристорных преобразователей при работе на общую нагрузку и предотвращает влияние выходных цепей преобразователей друг на друга. Кроме того, реактор обеспечивает необходимое сглаживание пульсаций выходного напряжения до требуемой для двигателя величины. Реактор выполнен на магнитопроводе из электротехнической стали. Обмотка, подключаемая к каждому из преобра-



зователей, выполнена в виде двух полуобмоток, включенных встречно и располагаемых на разных стержнях магнитопровода.

Микропроцессорная система управления и защиты подъемной машины выполняет необходимые технологические функции и обеспечивает весь комплекс защит и блокировок, предусмотриваемых Правилами безопасности. Состав оборудования микропроцессорной системы управления, защиты и контроля приведен в таблице 4. В системе управления использована аппаратура и комплектующие изделия ведущих европейских производителей.

Компьютерная система «человек-машина» с понятным и простым диалоговым интерфейсом позволяет обслуживающему персоналу получить полную информацию о работе всех систем подъемного комплекса, провести диагностику, тесты на функционирование, быстрый поиск неисправности.

Визуализация информации осуществляется с помощью Информационной панели (панельного компьютера типа 846), установленного на пульте управления машиниста. Информационная панель разработана таким образом, чтобы упростить управление подъемной машиной и увеличить безопасность, а также уменьшить время простоя подъема. С информационной панели могут быть выполнены все проверки и настройки, относящиеся к системе безопасности.

**Таблица 4**

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Примечание
1	Система управления подъемной машиной на базе контроллера АС800М	компл.	1	В комплекте поставки
2	Система интерфейса «человек-машина»	компл.	1	
3	Пульт управления подъемной машиной	компл.	1	
4	Аппарат защиты и контроля движения базе контроллера АС800М	шт.	1	
5	Шкаф низковольтный	шт.	1	
6	Установка датчика импульсного	компл.	2	
7	Кабели специальные	компл.	1	
8	Датчики в стволе	компл.	1	Количество поставляемых датчиков определяется техническим проектом

Отладка прикладной программы контроллера подъема, наладка тиристорного электропривода, а также поиск неисправностей предусматривается с помощью относящегося к системе «человек-машина» персонального компьютера (Инженерной станции).

Аппаратные средства и программное обеспечение системы «человек-машина» соответствует требованиям. Предусматривается подключение Инженерной станции к входящему в комплект поставки источнику бесперебойного электропитания. Выходы командоаппаратов подключены к дискретным и аналоговым входам системы управления подъемной машиной.

Защита от превышения скорости:

Абсолютное значение скорости вычисляется путем измерения частоты сигналов датчика импульсов. Система АЗКД использует также сигналы путевых выключателей, расположенных в начале зоны замедления перед остановкой скипов на горизонте разгрузки. Эти сигналы используются для повышения точности вычисления положения на критических участках при замедлении скипа.

Система АЗКД непрерывно контролирует соответствие фактических величин скорости и положения скипа рабочей диаграмме, определяемой функциональным генератором системы. Система позволяет выбрать одну из четырех рабочих диаграмм скорости в зависимости от режимов работы; «Груз» – «Люди» и «Вверх» – «Вниз». Для режима ревизии ствола система позволяет установить постоянную границу скорости.

При превышении фактической скоростью рабочей диаграммы на величину больше допустимой происходит отключение защитных реле устройства.

Контроль направления движения:

На вход аппарата АЗКД из системы управления подъемной машины подается сигнал о заданном направлении движения сосуда «Вверх» – «Вниз». Контроллер АЗКД проверяет по сигналам импульсного датчика соответствие действительного направления движения заданному направлению.

Защита от переподъема:

Система обеспечивает возможность ввода позиции переподъема для каждого из скипов. Предусматривается установка этих позиций за пределами нормального диапазона перемещения, но до срабатывания физических путевых датчиков переподъема.

Сопряжение с цепями безопасности:

Система АЗКД на базе контроллера АС800М имеет исчерпывающую самодиагностику и функции контроля. В дополнении к этому, для обеспечения надежной работы системы, сторожевые функции системы контролируются аппаратными средствами. Если в системе АЗКД возникают какие-либо нарушения, которые не позволяют точно контролировать работу подъемной машины,

система выдает сигнал аварийной остановки непосредственно в цепь защиты подъемной машины (рис.3).



**Рисунок 3.** Аппарат защиты и контроля движения

Шкаф низковольтный обеспечивает питание напряжением 220В, 50Гц оборудование системы управления и защиты, системы стволовой сигнализации и связи. Электропитание шкафа низковольтного осуществляется от существующего щита управления вспомогательными приводами, в котором Заказчиком при необходимости должен быть установлен дополнительный автоматический выключатель.

Конструктивно шкаф низковольтный представляет собой однодверный металлический шкаф со степенью защиты IP21, изготовленный на базе шкафовых элементов производства фирмы Rittal (Германия). Габаритные размеры шкафа 600х600х2200мм (ШхГхВ).

Шкаф содержит автоматические выключатели, аппаратуру контроля питающего напряжения, источник бесперебойного питания промышленного исполнения для обеспечения питания системы управления подъемом на время падения напряжения или полного отсутствия питания.

При исчезновении питающего напряжения сети 380В, источник бесперебойного питания обеспечивает работоспособность системы управления подъемной машины, включая Информационную панель прочую аппаратуру пульта управления, в течение не менее 10 минут.

Проект модернизации обеспечивает высокую производительность, уменьшение времени простоя оборудования, что приводит к увеличению плановых показателей шахты по выдаче горной массы, автоматизацию подъёмной установки по современным информационным технологиям, морально устаревшего и физически изношенного электрооборудования скиповой подъемной машины шахты «10 лет Независимости Республики Казахстан» Донского ГОКа.

**ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ  
НА ПРЕДПРИЯТИИ АО «ОРЕНБУРГСКИЕ МИНЕРАЛЫ»**

**Богомолов Евгений Николаевич,**  
монтажник-наладчик, АО «Оренбургские минералы»,  
Оренбургская область, г. Ясный

**INTRODUCTION OF THE AUTOMATED INFORMATION AND  
MEASUREMENT SYSTEM OF COMMERCIAL ACCOUNTING OF  
ELECTRIC POWER AT THE ENTERPRISE OF OJSC ORENBURG  
MINERALS**

***Аннотация:** В данной статье описывается структура предприятия, производимая продукция, а также вопросы, с которыми столкнулись на предприятии и их решение.*

***Abstract:** In this article is described the structure of enterprise, producible products, and also questions with that clashed on an enterprise and their decision.*

***Ключевые слова:** учет электроэнергии (мощность), автоматизированная информационно измерительная система коммерческого учета электроэнергии.*

***Keywords:** account of electric power (power), automated information measuring system for commercial electricity metering.*

Киембаевское месторождение хризотилового волокна, на базе которого работает комбинат «Оренбургские минералы», расположено на восточном склоне Южного Урала, на территории Оренбургской области в 450 км от г. Оренбурга.

Добычей и подачей руды на обогатительную фабрику занимается Рудоуправление, включающее в себя железнодорожный цех, горный цех и цех по производству невзрывчатых компонентов эмульсионных взрывчатых веществ. Техническая оснащённость Рудоуправления – это 17 экскаваторов различной мощности, 2 погрузочные машины Komatsu, 14 тяговых агрегатов ПЭ-2М, 4 буровых станка DML и СБШ более 100 думпкаров и т.д.

Хризотилловая руда поступает на обогатительную фабрику в необходимом количестве и соответствующего качества.

Фабрика состоит из дробильно-сортировочного комплекса, цехов обогащения, готовой продукции и по производству полипропиленовых мешков. Обоганительная фабрика способна перерабатывать до 10 млн.т руды в год и является высокоавтоматизированным предприятием.

Технологическая схема дробильно-сортировочного комплекса предусматривает три стадии дробления, четыре стадии классификации, сушку руды и функционирует по условиям максимально возможного сохранения природной текстуры, длины и физико-механических свойств волокна. Прогрессивная каскадная компоновка оборудования в корпусе обогащения с самотечной транспортировкой продуктов обогащения из аппарата в аппарат сводит до минимума межаппаратный конвейерный и элеваторный транспорт [1].

Осуществлены наиболее оптимальная схема рециркуляции воздуха, гидросмыв с замкнутым циклом технического водоснабжения, применен комплекс оборудования, обеспечивающий охрану окружающей среды. Производственно-сервисное управление является вспомогательным подразделением комбината, обеспечивающим комбинат электроэнергией, теплом, водой, телефонной связью, транспортом, кислородом, запасными частями, нестандартным оборудованием.

Энергетический цех (ЭЦ) обеспечивает работу и обслуживание коммунально-энергетической сети и связи предприятия, осуществляет электротехнический контроль энергооборудования, монтирует и обслуживает средства охранно-пожарной сигнализации. На комбинате внедрена автоматизированная информационно измерительная система коммерческого учета электроэнергии, которая позволила решить ряд наиболее важных вопросов таких как: стабильность работы в аппаратном плане в режиме 24 x 7; новые отчетные формы и автоматизация передачи отчетных показаний в энергосбытовую компанию; замена абсолютно всех аналоговых приборов учета, имеющихся на предприятии, – «умными»; ведение статистики потребления по отделам; видеть сводную информацию по нагрузке в различных цехах с точностью до получаса; возможность планировать потребность в электроэнергии хотя бы на год, в соответствии с этим заказывать в энергоснабжающей организации лимит суточной мощности, чтобы не переплачивать при потреблении сверх заявленной мощности.

Современные автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учёта электроэнергии – АИИС КУЭ (АСКУЭ) – создаются для коммерческого учёта потребляемой и отпускаемой электрической энергии. Основной задачей при построении таких систем является работа на оптовом рынке и розничном рынке электроэнергии, при этом необходимо создать передачу информации смежным субъектам (сетевым компаниям, региональным диспетчерским управлениям, энергоснабжающим организациям или генерирующим компаниям).

Целью создания и функционирования АИИС КУЭ является измерение количества электрической энергии, позволяющее определить величины учётных показателей, используемых в финансовых расчетах, поэтому такие системы подпадают под действие Федерального Закона «Об обеспечении единства

измерений», который накладывает серьёзные требования в части метрологического обеспечения. Важным моментом энергетического производства является неразрывность во времени процессов выработки и потребления электроэнергии (мощности). В общем случае, внедрение автоматизации дает первичный эффект в виде экономии не менее 5% затрат предприятия, где установлена автоматизация.

Одной из важнейших причин внедрения АИИС КУЭ для промышленных предприятий – возможность выхода на оптовый рынок электроэнергии, следовательно, снижение затрат на электроэнергию за счет перехода на зонные тарифы. АИИС КУЭ дает возможность:

- контролировать фактически потребленную мощность и снижение заявленной мощности;
- контролировать энергопотребление субабонентов;
- контролировать энергопотребление отдельных цехов (подразделений, структур), с возможностью расчета доли затрат на энергию в себестоимости продукции;
- сократить затраты на обработку информации экономическими подразделениями предприятия за счет получения оперативной и достоверной информации об энергопотреблении в электронном виде;
- повысить точность учета (за счет уменьшения ошибок при ручном съеме данных, за счет ревизии приборов учета и замены старых типов счетчиков на более современные и точные).

АИИС КУЭ АО «Оренбургские минералы» представляет собой двухуровневую автоматизированную информационно-измерительную систему коммерческого учета электроэнергии с централизованным управлением и распределённой функцией измерения. Первый уровень включает в себя восемь информационно-измерительных комплексов (ИИК) и выполняет функцию проведения измерений. Второй уровень включает в себя информационно-вычислительный комплекс (ИВК).

В состав ИИК входят счетчики электрической энергии; измерительные трансформаторы тока и напряжения; вторичные измерительные цепи.

В состав ИВК входят технические средства приёма-передачи данных; сервер сбора данных (ССД); устройство синхронизации системного времени (УССВ); технические средства для организации локальной вычислительной сети (ЛВС) и разграничения прав доступа к информации.

АИИС КУЭ АО «Оренбургские минералы» решает следующие задачи: измерение 30-минутных приращений активной и реактивной электроэнергии; периодический (1 раз в 30 мин) и/или по запросу автоматический сбор привязанных к единому календарному времени результатов измерений приращений электроэнергии с заданной дискретностью учета (30 мин); хранение результатов

измерений в специализированной базе данных, отвечающей требованию повышенной защищенности от потери информации (резервирование баз данных) и от несанкционированного доступа; передача результатов измерений в организации – участники оптового рынка электроэнергии; обеспечение защиты оборудования, программного обеспечения и данных от несанкционированного доступа на физическом и программном уровне (установка паролей и т.п.); диагностика и мониторинг функционирования технических и программных средств АИИС КУЭ; конфигурирование и настройка параметров АИИС КУЭ; ведение системы единого времени в АИИС КУЭ (коррекция времени) [1].

Принцип действия системы заключается в следующем – сигналы, пропорциональные напряжению и току в сети, снимаются с вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения и поступают на вход преобразователя счетчика. Измерительная система преобразователя перемножает входные сигналы, получая мгновенную потребляемую мощность. Этот сигнал поступает на вход микроконтроллера счетчика, преобразующего его в Вт·ч и, по мере накопления сигналов, изменяющего показания счетчика. Микроконтроллер считывает и сохраняет последнее сохраненное значение. По мере накопления каждого Вт·ч, микроконтроллер увеличивает показания счетчика. Для получения информации со счетчиков, сервер сбора данных (ИБК) формирует запрос на счетчик с нужным адресом. Счетчик в ответ пересылает данные через терминал по информационным линиям связи на сервер сбора данных (ИБК), на котором установлено специализированное программное обеспечение. Далее по каналам связи обеспечивается дальнейшая передача информации.

АИИС КУЭ оснащена системой обеспечения единого времени (СОЕВ), которая создана на основе устройства синхронизации времени УСВ-1 (Госреестр № 28716-05). Устройством приема сигналов точного времени служит встроенный в УСВ-1 приемник сигналов навигационной системы GPS. УСВ-1 подключено к серверу сбора данных. Контроль времени осуществляется постоянно, синхронизация времени осуществляется при расхождении времени СОЕВ и корректируемого компонента на величину более 2 с. В СОЕВ входят средства измерений, обеспечивающие измерение времени, также учитываются временные характеристики (задержки) линий связи, которые используются при синхронизации времени. Предел допускаемой абсолютной погрешности хода часов  $\pm 5$  с/сутки [1].

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

**Бодруг Наталья Сергеевна,**

старший преподаватель кафедры энергетики, начальник отдела качества образования учебно-методического управления ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет», Амурская область, г. Благовещенск

**Савина Наталья Викторовна,**

доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет», профессор кафедры энергетики, Амурская область, г. Благовещенск

### MODERN APPROACHES TO ORGANIZATION OF MONITORING OF POWER QUALITY IN ELECTRIC NETWORKS

***Аннотация:** В статье рассмотрено современное состояние проблемы качества электроэнергии, проанализированы новые источники искажения качества электроэнергии. Раскрыты особенности контроля качества электроэнергии при инновационном развитии энергетики.*

***Ключевые слова:** Показатели качества электроэнергии, источники искажения, контроль, точка передачи электроэнергии*

***Abstract:** The article considers the current state of the problem of power quality, analyzed new sources of power quality distortion. The peculiarities of the quality control of electric power during the innovative development of the power industry are revealed.*

***Keywords:** Electricity quality indicators, sources of exhaustion, control, power transmission point*

Инновационное развитие энергетики ведет к изменению ее технологической платформы, обусловленному появлением нового оборудования, технологий и материалов, широким внедрением электронной техники и цифровых технологий. В результате меняются структура, свойства, принципы управления системами электроэнергетики. Особенностью таких изменений является появление новых источников искажения качества электроэнергии (КЭ) и устойчивое развитие существующих. Изменение структуры энергетики, управления ею, развитие рынков энергии и мощности привело к изменению нормативной базы по качеству электроэнергии. Анализ глобальных тенденций развития энергетики показывает, что проблема качества электроэнергии будет только обостряться. Качество электроэнергии связано с проблемой энергосбережения. Известно, что низкое качество электроэнергии приводит к дополнительным потерям элек-



троэнергии, а, следовательно, расточительному расходованию энергоресурсов, в частности электроэнергии. По мере развития электроэнергетики должны возрастать требования к качеству электроэнергии, применяться новые подходы к решению данной проблемы.

Отсюда следует, что необходимо пересмотреть методические подходы к организации контроля качества электроэнергии, учитывая тенденции развития энергетики и современную нормативную базу.

### **Характеристика проблемы качества электроэнергии**

Качество электроэнергии – это совокупность ее свойств, определяющих воздействие на электрооборудование, приборы и аппараты и оцениваемых ПКЭ в системе электроснабжения [1,23]. В настоящее время ухудшение КЭ определено технологическими процессами производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, то есть процессами функционирования электроэнергетической системы. В результате возникают дополнительные технические потери электроэнергии оборудовании электрических станций, в линиях и оборудовании электрических сетей и систем электроснабжения, обусловленные искажением качества, а также дополнительные метрологические потери, связанные с негативным влиянием низкого качества электроэнергии на точность измерительных комплексов учета. Это влияет на результаты коммерческого учета в точках передачи электроэнергии.

Проблема качества электроэнергии характерна для всей системы в целом. До реформы энергетики вопросы качества электроэнергии рассматривались только в ракурсе «энергосистема – потребитель». После реструктуризации современная энергетика разделилась по бизнес процессам на подсистемы – генерацию, передачу, распределение, сбыт и потребителей. Тогда как со стороны технологического управления она осталась единой. Эти особенности приводят к изменениям подхода к контролю качества электроэнергии в электроэнергетической системе.

Теперь проблема качества электроэнергии актуальна для всех собственников систем энергетики и проявляется во взаимоотношениях: производитель электроэнергии – сетевая организация, сетевая организация – энергосбытовая компания, энергосбытовая компания – потребитель через призму функционирования оптовых и розничных рынков энергии и мощности. Все они, являясь участниками оптового и (или) розничного рынков энергии и мощности в точках передачи электроэнергии могут выступать как поставщиками, так и покупателями [2, 3]. Ухудшение КЭ ведёт к отрицательным последствиям или ущербу для каждой из рассматриваемой сторон.

С позиции потребителя:

1) технический ущерб от низкого КЭ обусловлен: перегревом вращающихся машин, ускоренным старением изоляции, сокращением срока службы (в некоторых случаях выходом из строя) электрооборудования; ростом потребления электроэнергии и требуемой мощности электрооборудования; ростом потерь электроэнергии, сбоям в работе электронных систем управления, вычислительной техники и специфического оборудования; ошибками в работе или отказом теле- и радиоаппаратуры, ошибочной работой рентгеновского оборудования;

2) технологический ущерб связан с нарушением технологии производства и вызван недопроизводством и нехваткой продукции, простоями оборудования, порчей технологического оборудования;

3) экономический ущерб – это технические и технологические убытки, выраженные в денежной форме.

С позиции поставщика электроэнергии:

1) технический ущерб обусловлен нарушением работы и неправильным срабатыванием устройств релейной защиты и автоматики; снижением эффективности процессов генерации, передачи и потребления электроэнергии за счет увеличения потерь в элементах сети; недостоверным учетом электроэнергии;

2) технологический ущерб вызван отклонениями режимов работы электрооборудования и погрешностями измерительных приборов;

3) экономический ущерб обусловлен дополнительными расходами на эксплуатацию электрических станций, подстанций и линий электропередачи, потерями электроэнергии, параметры которой не соответствуют нормативам, и которые в связи с этим абонент имеет право не оплачивать, недоучетом отпущенной электроэнергии.

### **Источники искажения качества электроэнергии**

Виновником ухудшения качества электроэнергии в точке передачи электроэнергии может являться любая из вышеперечисленных сторон.

Вероятными источниками искажения КЭ являются:

– на напряжение 35 кВ и выше – производители электроэнергии и сетевые организации;

– на напряжение 6-10 кВ – промышленные потребители, коммунально-хозяйственные потребители, имеющие, например, частотно-регулируемые приводы, управляемые контроллеры-оптимизаторы;

– на напряжение 0,4 кВ – бытовые потребители (несимметричная нагрузка квартир, бытовые электронные технические средства), коммунально-хозяйственные потребители (системы уличного освещения, энергосберегающие осветительные установки), промышленные потребители (однофазная сварочная нагрузка).

Генерирующие компании влияют на такие свойства качества электроэнергии как отклонение частоты, отклонение напряжения, несинусоидальность напряжения, прерывание напряжения. К источникам искажения качества электроэнергии относятся автоматизированная система возбуждения синхронных генераторов, частотно-регулируемые приводы, ветровые электроустановки. В перспективе – при развитии энергетики – распределенная генерация.

Для сетевых организаций характерны отклонения напряжения, несинусоидальность и несимметрия напряжения, прерывание напряжения, провалы напряжения, импульсные напряжения.

Потребителей-виновников искажения качества электроэнергии целесообразно разделить по видам искажения КЭ.

Недопустимые отклонения напряжения присутствуют в сетях предприятий чёрной и цветной металлургии, химической промышленности, целлюлозно-бумажной и горнодобывающей промышленности.

Несинусоидальность напряжения наблюдается в сетях предприятий чёрной (электросталеплавильное производство) и цветной металлургии (печи сопротивления, электролиз), на машиностроительных предприятиях с большим удельным весом точечной и контактной сварки, в отраслях горнодобывающей промышленности, на предприятиях, использующих вентильный электропривод и тиристорные преобразователи, на электрифицированном железнодорожном транспорте.

Несимметрия напряжения встречается на предприятиях чёрной (электрошлаковый переплав) и цветной металлургии (электродные заводы), где применяются рудно-термические печи, однофазные электротермические установки, однофазные печи электрошлакового переплава, на машиностроительных предприятиях с большим удельным весом сварочных установок. Мощным источником искажения по данному показателю являются тяговые подстанции электрифицированного железнодорожного транспорта. К несимметрии напряжения приводит технологический процесс комбинатов целлюлозно-бумажной промышленности, где используется электролиз, бумаго-картоноделательные машины.

Применение инновационных технологий на промышленных предприятиях, в коммунальном хозяйстве, развитие бытовой нагрузки привело к усилению искажения качества электроэнергии. Можно выделить наиболее существенные из новых источников искажения качества электроэнергии. Это электронные выпрямительные установки, частотно-регулируемые приводы, применяемые в системах ЖКХ, в быту, в том числе, как одно из типовых мероприятий по энергосбережению, дающее хорошую экономию электроэнергии, энергосберегающие осветительные установки, бытовые электронные технические средства.

Еще одной характерной особенностью развития энергетики является изменение виновника ухудшения КЭ в течение суток в точке передачи электро-

энергии. Каждый из собственников в течение суток могут изменять свой статус с источника искажения КЭ на потребителя высших гармоник и интергармоник, токов обратной и нулевой последовательности.

Следовательно, должны возрастать требования к контролю КЭ в современных условиях.

Особенности организации контроля КЭ в современных условиях

В соответствии с [1,156], различают несколько форм контроля КЭ. В зависимости от целей, решаемых при контроле и анализе КЭ, применяют диагностический, инспекционный, оперативный, коммерческий контроли либо их сочетания.

Контроль КЭ в зависимости от решаемых задач может проводиться в следующих пунктах контроля: точка передачи электроэнергии (ТПЭ) согласно [4,3]; граница раздела балансовой принадлежности; выводы электроприемника; другие точки сети, согласованные энергоснабжающей организацией и потребителем электроэнергии. Выбор точек контроля производится в зависимости от нарушаемого показателя качества электроэнергии, конфигурации сети, уровня напряжения сети и цели проводимого контроля. При появлении на розничном рынке распределенной генерации, активного потребителя такой точкой является точка технологического присоединения к сети.

Основной целью диагностического контроля в точке передачи электроэнергии является обнаружение «виновника» ухудшения КЭ, определение допустимого вклада в нарушение требований ГОСТ [4] по каждому ПКЭ, включение их в договор энергоснабжения, нормализация КЭ. Диагностический контроль должен осуществляться при выдаче и проверке выполнения технических условий на присоединение потребителя к электрической сети, при контроле договорных условий на энергоснабжение, договоров поставки энергоснабжения, для обеспечения достоверности коммерческого учета электроэнергии на оптовом и розничном рынках, а также в тех случаях, когда необходимо определить долевой вклад в ухудшение КЭ группы потребителей, присоединенных к общему центру питания, являющемуся ТПЭ. Диагностический контроль проводится периодически и предусматривает кратковременные (не более одной недели) измерения ПКЭ. При нем измеряют не только ПКЭ, но и токи, их гармонические и симметричные составляющие, соответствующие им потоки мощности.

Если результаты диагностического контроля КЭ определяют виновника ухудшения качества электроэнергии, то определяется неустойка за искажение КЭ, разрабатываются мероприятия по нормализации КЭ и определяются сроки их выполнения. На период до реализации этих мероприятий в ТПЭ должны применяться оперативный контроль и коммерческий учет КЭ [1,157].

Для задач управления качеством электроэнергии при диагностических измерениях контрольными точками могут быть шины подстанций, к которым

подключены линии, питающие потребителей. Точки, выделенные при диагностическом контроле, служат для принятия управленческих решений. Они представляют интерес для контроля правильности работы устройств РПН трансформаторов, для сбора статистики и фиксации провалов напряжения и временных перенапряжений в электрической сети. Тем самым контролируется работа уже существующих средств обеспечения КЭ: компенсирующих устройств, трансформаторов с устройствами РПН, обеспечивающих заданные диапазоны отклонений напряжения, а также работа средств релейной защиты и автоматики в электрической сети.

Инспекционный (сертификационный) контроль КЭ осуществляется органами сертификации для получения информации о состоянии сертифицированной электроэнергии в электрических сетях энергоснабжающей организации, о соблюдении условий и правил применения сертификата, с целью подтверждения того, что КЭ в течение времени действия сертификата продолжает соответствовать установленным требованиям.

Коммерческий учет ПКЭ должен проводиться на границе раздела электрических сетей потребителя и энергоснабжающей организации, а также в точке передачи электроэнергии от одного собственника другому. По его результатам определяются скидки (надбавки) к тарифам на электроэнергию за ее качество. Коммерческий учет КЭ должен непрерывно осуществляться в точках учета отпускаемой и потребляемой электроэнергии как средство экономического воздействия на виновника ухудшения КЭ [1,158].

Форма и точка контроля КЭ определяют требования к измерительным средствам. При выборе средств измерения ПКЭ необходимо обращать внимание на следующие характеристики: нахождение прибора в государственном реестре РФ, наличие развитого программного обеспечения, отвечающего современным требованиям информационных технологий, наличие качественного интерфейса для интегрирования прибора в состав любой системы АИИС КУЭ, автоматизированной системы технологического управления, количество измеряемых ПКЭ и их соответствие действующему стандарту по КЭ, метрологические возможности. Организация учета электроэнергии совместно с контролем качества электроэнергии – один из эффективных путей решения проблемы энергосбережения.

### **Заключение**

Обеспечивать требуемое качество электроэнергии должны как покупатели, так и поставщики электроэнергии, в связи с тем, что каждый участник технологического процесса является источником искажения показателей качества

электроэнергии (ПКЭ). Это усиливает требования к контролю качества электроэнергии.

Появление новых источников искажения качества электроэнергии, изменение свойств и структуры электроэнергетической системы, связанных с переходом на инновационную платформу, приводят к необходимости изменения методических подходов к контролю качества электроэнергии.

Развитие рынков энергии и мощности стимулирует целесообразность использования для контроля КЭ автоматизированных средств измерения, как составной части умного учета электроэнергии.

### **Список литературы:**

1. Управление качеством электроэнергии [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.И. Карташев [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М. : Издательский дом МЭИ, 2017. – 347 с. – 978-5-383-01074-7. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65643.html> (Дата доступа 12.03.2018).

2. Положение о порядке получения статуса субъекта оптового рынка и ведения реестра субъекта оптового рынка. – 2016. – Протокол № 15/2016 заседания Наблюдательного совета Ассоциации «НП Совет рынка».

3. Постановление Правительства Российской Федерации «О функционировании розничных рынков электрической энергии». – 2012. – № 442.

4. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 20 с.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ РОЗНИЧНОГО РЫНКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Живодеров Дмитрий Сергеевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### **AUTOMATED INFORMATION MEASUREMENT SYSTEM FOR ACCOUNTING ELECTRICITY IN THE RETAIL ELECTRICITY MARKET**

***Аннотация:** В статье рассмотрена автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии. Внедрение системы позволило повысить точность учета коммерческой электроэнергии и обеспечить проведение расчетов специализированной компанией на розничном рынке электроэнергии.*

***Ключевые слова:** Модернизация, энергетическая эффективность, энергосбережение.*

***Abstract:** The article deals with automated information-measuring system of the commercial account of the electric power is considered. The introduction of the system made it possible to improve the accuracy of accounting for commercial power and ensure that settlements are made by a specialized company in the retail electricity market.*

***Key words:** Modernization, energy efficiency. energy saving.*

Вопросы повышения энергетической эффективности и энергосбережение являются сегодня одним из приоритетных направлений развития любого предприятия. Энергетическая эффективность экономики Российской Федерации далека от идеала. В связи с этим все чаще поднимается вопрос о разработке и реализации программ повышения энергетической эффективности в различных сферах экономики России, в том числе, и в распределительном электросетевом комплексе.

Одной из таких программ является «Программа перспективного развития систем учета электроэнергии на розничном рынке электроэнергии в распределительных сетях филиала «Оренбургэнерго» ПАО «МРСК Волги». В рамках программы поэтапно проводится замена парка морально и физически устаревших приборов учета электрической энергии (счетчиков) на приборы учета, отвечающие современным требованиям.

Этапы модернизации групп учета электроэнергии четко расписаны в «Стратегии создания/модернизации систем учета электроэнергии на розничном рынке электроэнергии в сетях» и «Методике разработки программ перспективного развития систем учета электроэнергии на розничном рынке электроэнергии в сетях», разработанных ПАО «Холдинг МРСК». В рамках исполнения ППРСУЭ в 2015 г. реализовано два проекта: «Замена групп учета на ПС 35-110 кВ, ТП и РП 6-10 кВ» и «Система учета на розничном рынке электроэнергии», в рамках которых производится замена устаревших приборов учета и устанавливается более тысячи современных многофункциональных приборов учета электрической энергии. Проведение мероприятий в рамках этих проектов позволит добиться решения следующих задач:

- надежного и своевременного обеспечения всех участников рынка электроэнергии достоверной и легитимной информацией о фактическом потреблении/передаче электроэнергии и мощности;
- обеспечения более точного учета передаваемой электроэнергии;
- снижения потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях.

В дальнейшем планируется создание автоматизированной информационно-измерительной системы учета электрической энергии розничного рынка электроэнергии (АИИС КУЭ РРЭ) и поэтапное подключение к ней всех современных многофункциональных приборов учета электрической энергии, установленных на границах балансовой принадлежности филиала «Оренбургэнерго».

Основными преимуществами АИИС КУЭ над обычной системой учета являются, во-первых, предотвращение хищений электроэнергии за счет контроля энергобаланса от квартиры до трансформаторной подстанции, что позволит снизить потери электроэнергии. Во-вторых, преимуществом автоматизированной системы коммерческого учета является высокая оперативность и достоверность учета электроэнергии, повышение точности измерений и расчетов. Кроме того, АИИС КУЭ представляет собой основу для современного биллинга – это цивилизованная схема взаиморасчетов поставщика энергоресурсов и потребителя. Она позволит реализовывать социально ориентированную тарифную политику за счет внедрения тарифных меню любой сложности. Также, благодаря автоматизированной системе коммерческого учета обеспечивается простота комплексного учета энергоресурсов, появляется возможность внедрения централизованной системы контроля для любых каналов связи и т.д. Вместе с тем, внедрение АИИС КУЭ обеспечит планируемость финансовых потоков, и такие благоприятные социальные последствия, как сдерживание роста тарифов за счет снижения потерь. Проведение комплекса мероприятий по модернизации и автоматизации системы учета электроэнергии позволит минимизировать



операционные потери филиала, повысить инвестиционную привлекательность и управляемость сетей.

Все оборудование, использованное в модернизированной АИИС КУЭ, имеет два источника питания с автоматическим вводом резерва. Для защиты оборудования от импульсных перенапряжений установлены стабилизаторы напряжения, которые приводят к нормированному значению напряжения на выходе стабилизатора, к которому подключено оборудование АИИС КУЭ. Данные решения способствуют продлению срока службы оборудования и существенному повышению отказоустойчивости системы.

Для обеспечения надежного питания серверного оборудования АИИС КУЭ применяются источники бесперебойного питания (ИБП), которые позволяют работать всему оборудованию серверных шкафов не менее 30 минут при отключении внешнего питания шкафов, что в большинстве случаев достаточно для восстановления питания либо для корректного отключения системы. При этом схема питания серверных шкафов позволяет отключить и извлечь ИБП, не прекращая питания оборудования шкафов.

Для организации передачи данных с территориально распределенных (до 300 км) точек измерения было разработано нестандартное техническое решение с использованием большого количества GSM/GPRS коммуникаторов PGC-01, работающих в режиме пакетной передачи данных (GPRS) для сбора информации о 3-минутных приращениях электроэнергии в течение 2-минут после завершения 3-минутного интервала. Для определения наиболее стабильных показателей работы оборудования связи и выбора оператора сотовой связи в регионе использования системы были проведены стендовые испытания с использованием различных типов оборудования посредством разных операторов сотовой связи. Требования Заказчика удалось выполнить с помощью GSM/GPRS коммуникаторов PGC-01 производства Прософт-системы посредством оператора сотовой связи Veeline. Коммуникатор PGC-01 предназначен для передачи дуплексного последовательного пакетного потока данных по GPRS- и GSM-каналам связи. Всего в модернизированной системе используется 76 GSM/GPRS коммуникаторов PGC-01, которые работают в режиме GPRS.

## АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГОЛОЛЕДНОЙ НАГРУЗКИ

**Зенихин Дмитрий Геннадьевич,**

преподаватель кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Спиренкова Ольга Александровна,**

старший лаборант кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

## AVTOMATICHESKIYE SISTEMY KONTROLYA GOLOLEDNOY NAGRUKKI

**Аннотация:** Решение проблемы раннего обнаружения гололедообразования возможно с внедрением автоматизированной информационной системы контроля гололедной нагрузки, которая позволит контролировать развитие гололедной ситуации, получать любые данные, а также производить настройку и управлять работой системы через сеть интернет.

**Ключевые слова:** Автоматизированная информационная система, контроль температуры, гололед.

**Abstract:** The solution to the problem of early detection of ice formation is possible with the introduction of an automated information system for monitoring the ice load, which will monitor the development of the ice situation, receive any data, as well as configure and manage the system via the Internet.

**Key words:** Automated information system, temperature control, ice.

Решением проблем, связанных с гололедообразованием является создание такой системы обнаружения отложений, которая позволяла бы обнаружить начало образования отложений, и с большой точностью прогнозировать этот момент. Такое возможно только при условии, что контролироваться будут не только гололедная муфта на проводе и ее размеры, а и условия, приводящие к ее возникновению. Выявление начала образования отложений позволит эффективно использовать профилактический подогрев там, где это возможно, или ускорить процесс принятия решения о проведении плавки.

Автоматизированная информационная система контроля гололедной нагрузки «БЛАЙС®» (АИСКГН «БЛАЙС®») предназначена для мониторинга воздушных линий электропередачи в экстремальных погодных условиях.

Основные задачи, решаемые системой АИСКГН «БЛАЙС®»:

- раннее обнаружение гололедообразования на воздушных линиях электропередачи посредством контроля нагрузки на проводах и грозотросах ВЛ;
- контроль температуры провода и грозотроса;
- удаленное видеонаблюдение;
- контроль метеопараметров в местах установки пунктов контроля (температура и влажность воздуха, направление и скорость ветра).

Одним из преимуществ подобного построения системы является возможность контролировать развитие гололедной ситуации на любой ВЛ любого предприятия из любого места. ПО АИСКГН «БЛАЙС®» позволяет организовывать мобильные рабочие места и получать любые данные системы, а также производить настройку и управлять работой системы через сеть интернет.

Система АИСКГН «БЛАЙС®» состоит из одного или нескольких пунктов контроля (ПК), устанавливаемых на опорах ВЛ, и одного или нескольких пунктов приема (ПП).

Пункт контроля устанавливается непосредственно на опоре ВЛ (либо рядом с ней) и состоит из системы бесперебойного питания (автономной) и различных типов датчиков. В качестве датчиков могут быть использованы датчики нагрузки на провода ВЛ, датчики температуры проводов ВЛ и тросов, датчики температуры и влажности воздуха, датчики направления и скорости ветра, датчики вскрытия шкафа ПК и другие.

В качестве АРМ Диспетчера используется компьютер или ноутбук с установленным клиентским программным обеспечением.

Пункт контроля (ПК) предназначен для получения информации с подключенных датчиков и передачи полученных данных на пункт приема.

Все оборудование ПК (за исключением датчиков контроля и источника заряжающего тока) монтируется во влагозащищенном шкафу, устанавливаемом на опоре ВЛ.

В пункте контроля производится:

- контроль механической нагрузки в точках подвеса фазных проводов к траверсам и грозотросов к тросостойкам опоры ВЛ;
- контроль температуры и влажности окружающего воздуха;
- контроль направления и скорости ветра;
- контроль напряжения на клеммах аккумуляторных батарей;
- контроль температуры провода;
- контроль температуры грозотроса.

Электронное оборудование пункта контроля размещается в металлическом влагозащищенном шкафу со встроенным замком. Шкаф располагается на высоте до 5 метров от земли на теле опоры.

Все оборудование ПК подключается по цифровым интерфейсам и использует стандартные протоколы для обмена данными. Подобная реализация передачи

команд/данных позволяет подключать к МЛП новые датчики и устройства без глобальной модернизации всего ПК.

Сервер АИСКГН «БЛАЙС®» – это основа построения системы. На него возложены следующие функции:

- получение данных с ПК по различным каналам связи;
- первичная обработка полученных данных;
- хранение полученной информации по каждому ПК в базе данных;
- передача данных системы на резервные серверы АИСКГН «БЛАЙС®», либо серверы других подразделений энергосистемы для организации распределенного хранения и резервирования данных;
- расчет приведенной стенки гололедной муфты на ВЛ;
- получение различных аварийных сигналов от ПК;
- предоставление информации по запросам от АРМ;
- передача данных АИСКГН «БЛАЙС®» в другие системы с использованием технологии OPC;
- выдача различных сигналов телеметрии.

АРМ Клиент предназначен для визуального отображения данных по каждому ПК. Источником данных выступает СУБД сервера АИСКГН «БЛАЙС®». Передача данных осуществляется по любым каналам связи с использованием стандартного сетевого протокола ТСР/IP.

АИСКГН «БЛАЙС» – Оператор предназначен для управления режимом опроса пунктов контроля.

АИСКГН «БЛАЙС» – КЛИЕНТ предназначен для отображения показаний датчиков АИСКГН на карте местности, построения графиков и прогнозов развития гололедной ситуации.

ПО АИСКГН «БЛАЙС» – КЛИЕНТ устанавливается на клиентских местах (АРМ Диспетчера).

ПО «М-ЕУЕ» – «ОКО» – устанавливается на клиентских местах (АРМ Диспетчера) для просмотра онлайн видео с опоры.

Программа АИСКГН «БЛАЙС» – Оператор предназначена для формирования списка пунктов контроля для сбора данных и управлению режимами опроса каналов связи.

Выбор сервера осуществляется кнопками на панели инструментов или с помощью пунктов меню БЛАЙС.

Для визуализации работы служб СПП используются информационные панели с текстовой и графической информацией (рисунок 1).

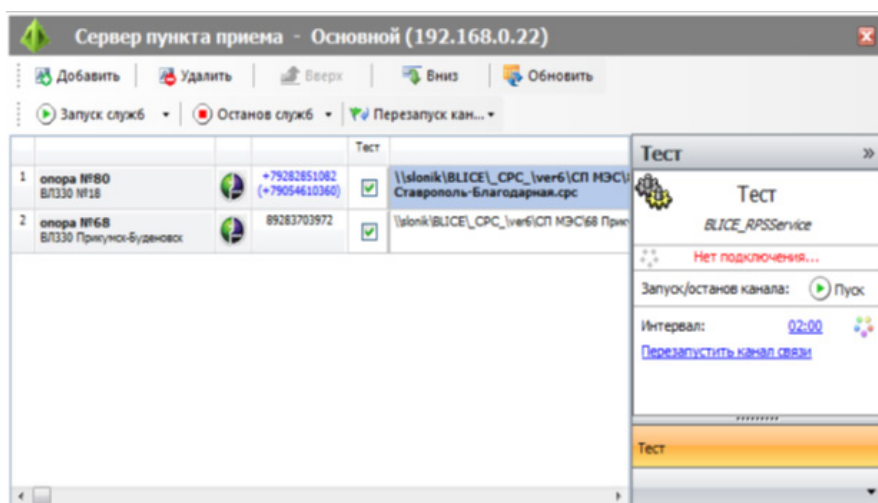


Рисунок 1. Сервер пункта приема

Справой стороны главного окна расположена панель каналов связи.

На информационной панели отображается следующая информация:

– описание канала связи (задается в разделе «Настройки» параметров службы);

– название службы СПП, работающей с данным каналом;

– информация о текущем состоянии канала связи;

– интервал запроса данных.

Программа АИСКГН «БЛАЙС» – КЛИЕНТ предназначена для предоставления диспетчерскому персоналу либо другим пользователям системы АИСКГН «БЛАЙС» полной информации о развитии гололедной ситуации на контролируемых опорах ВЛ.

Основные функциональные возможности программы:

– отображение данных на схематической карте местности;

– сигнализация начала процесса гололедообразования;

– сигнализация вскрытия ПК;

– отображение подробных последних данных по ПК;

– отображение данных за выбранный период;

– построение графиков с прогнозированием ситуации;

– удаленное управление программой АИСКГН «БЛАЙС» – Сервер пункта приема;

– доступ к программе с разделением прав пользователей;

– регистрация событий программы в журнале;

«БЛАЙС» для получения последних данных по ПК. Полученные данные отображаются на схематической карте, а также на других страницах программы. После произведения специальных расчетов программа определяет теоретическое значение толщины стенки гололеда и, при необходимости, включает звуковую и световую сигнализацию об опасности гололедообразования.

Режим «Статистика» (рисунок 2).

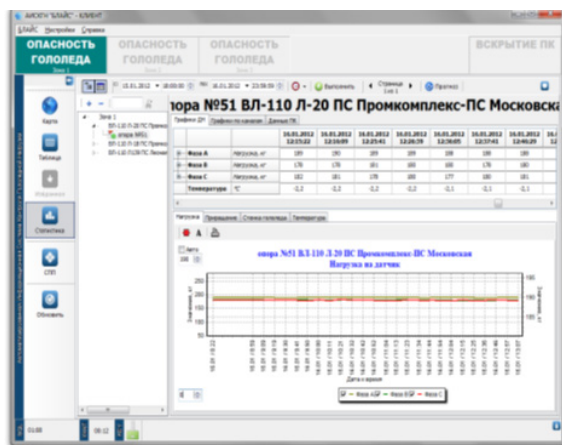


Рисунок 2. Окно «Статистика»

По умолчанию статистика отображается за текущие сутки и последние 6 часов предыдущих суток.

Закладка «Графики ДН»:

На этой закладке отображаются данные только по датчикам нагрузки и датчику температуры воздуха.

В верхней части закладки расположена таблица с полученными данными. В заголовках столбцов отображается дата и время получения данных.

Остальную часть закладки занимают различные графики. Для каждого типа графиков создается отдельная закладка. Выбрав нужную закладку можно просмотреть графики по нагрузке на датчики, приращению нагрузки от начального значения, толщине стенки гололеда и температуры воздуха.

Программа «М-ЕYE» – «ОКО» (рисунок 3).

Устанавливается на клиентских местах (АРМ Диспетчера) и служит для визуального наблюдения за гололедообразованием. Позволяет просматривать видео с камеры, установленной на опоре и направленной на линию в онлайн режиме.

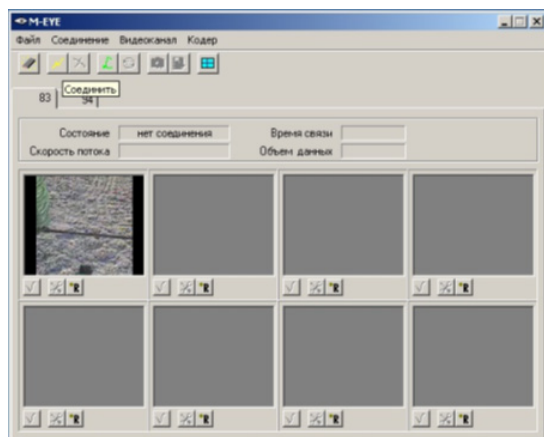


Рисунок 3. Окно программы «М-ЕYE»

Автоматизация системы контроля гололедной нагрузки позволяет организовывать мобильные рабочие места и получать любые данные системы, а также производить настройку и управлять работой системы через сеть интернет.

**РАЦИОНАЛЬНОЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ НАПОЛНЕНИЕ  
ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МОНТАЖ СИСТЕМ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ» С УЧЁТОМ ПРАКТИЧЕСКИХ  
ТРЕБОВАНИЙ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Кильметьева Ольга Иннокентьевна,**

старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

**Митрофанов Сергей Владимирович,**

кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

**Морозов Виктор Анатольевич,**

ООО «Росэнергокомплекс», г. Оренбург

**RATIONAL METHODOLOGICAL CONTENT OF THE DISCIPLINE  
«MAINTENANCE AND INSTALLATION OF ELECTRICAL SYSTEMS»  
TAKING INTO ACCOUNT THE PRACTICAL REQUIREMENTS OF THE  
CURRENT PRODUCTION**

*Аннотация:* Современные условия производства и динамика общественного развития предъявляют особые требования к подготовке специалистов инженерного профиля. Это определяет важность изучения дисциплин, которые составляют основу будущей профессиональной деятельности студентов и позволяют правильно определить ключевые моменты практической деятельности по выбранной специальности. Одной из таких дисциплин является учебный курс «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения». Для повышения практической значимости данной дисциплины, предлагается дополнить учебные разделы материалами, посвященными ключевым моментам производства электромонтажных работ и процесса эксплуатации электроустановок в условиях действующего производства: подготовки производства работ, строительного контроля, документации этапа сдачи-приёмки выполненных работ и периода организации эксплуатации объекта.

*Ключевые слова:* Электромонтажные работы, подготовка производства, эксплуатация систем электроснабжения, сдача-приёмка работ, монтаж, наладка, испытания, инженерная деятельность, подготовка инженерных кадров.

**Abstract:** *Modern conditions of production and dynamics of social development have special requirements for the training of engineering specialists. This determines the importance of studying the subjects that form the basis of the future professional activity of students and allow you to correctly determine the key points of practical activity in the chosen specialty. One of such disciplines is the training course «Operation and installation of power supply systems». In order to increase the practical significance of this discipline, it is proposed to Supplement the training sections with materials devoted to the key moments of the production of electrical work and the process of operation of electrical installations in the current conditions.*

**Key words:** *Electrical work, preparation of production, operation of power supply systems, delivery and acceptance of works, installation, commissioning, testing, engineering, training of engineers.*

Современные условия производства и динамика общественного развития предъявляют особые требования к подготовке специалистов инженерного профиля. Это определяет важность изучения дисциплин, которые составляют основу будущей профессиональной деятельности студентов и позволяют правильно определить ключевые моменты практической деятельности по выбранной специальности. При этом необходимо, чтобы уже в период обучения в вузе, студенты достаточно хорошо представляли себе основные требования к организации действующего энергетического производства, ключевые особенности работы с персоналом, документальное сопровождение подготовки и производства работ и многие другие практически важные аспекты, знание которых актуально, в том числе и при необходимых собеседованиях для претендентов на производственные вакансии.

В электроэнергетической отрасли, как правило, договоры подряда на реконструкцию энергообъектов содержат объем работ, касающийся всего технологического комплекса энергообъекта (силовое электрооборудование и строительные сооружения, РЗиА на микропроцессорных устройствах, ИТ, сети связи с применением оптоволокна, ВЛ и КЛ из современных материалов и конструктивных элементов и многое другое). Поэтому проекты реконструкции электроэнергетических объектов включают в себя ряд технических решений, которые позволяют достигать цели реконструкции при минимизации затрат материальных и трудовых ресурсов. При этом конструктивные решения при создании энергообъектов (подстанций) учитывают современные тенденции схемных решений и номенклатуры первичного электрооборудования подстанций, в том числе системы контроля и управления энергообъектами.

Широкий охват сферы кадровых интересов электроэнергетической отрасли ставит необходимость гармоничного решения задач подготовки будущих бакалавров (специалистов), как минимум, в двух направлениях:



- научить студентов методологии инженерного труда, в том числе электро-монтажного производства и эксплуатации, познакомить с основными сферами деятельности и задачами организации производства, определить основные направления практических знаний, особо значимые для осуществления руководства персоналом подразделений, занятых в производстве работ на объектах и др.;

- научить студентов правильно позиционировать себя на рынке труда, стремиться к самосовершенствованию и интересоваться современными тенденциями развития электроэнергетического производства. Важно также прививать студентам необходимые умения и навыки (квалификации), развивать у них способности аргументировано защищать свои технические решения.

Будущий руководитель производства должен представлять основные функциональные виды деятельности производственного персонала, знать основные понятия проектно-сметного дела и уметь «читать» рабочую документацию (чертежи, схемы) и сметы на выполнение работ, представлять для себя основные требования при составлении деловых документов, а также знать документооборот предприятия. Предприятиям, выступающим в качестве работодателей, в основном, нужны подготовленные специалисты с опытом работы на объектах. Для строительных и электромонтажных организаций это обусловлено сжатыми сроками договоров подряда, территориальной удаленностью объектов производства работ, необходимостью принятия персоналом большого количества технических и управленческих решений «по месту».

Все приведённые выше обстоятельства указывают на необходимость учёта в учебном процессе реальных практических требований действующего производства.

В учебном плане подготовки бакалавров электроэнергетического профиля «Электроснабжение» одной из учебных дисциплин, непосредственно связанных с производственными процессами, является «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения» (ЭиМ СЭ). Рабочая программа включает в себя лекции, практические и лабораторные работы, а так же выполнение курсовой работы. При этом особенность курсовой работы состоит в том, что студентам предстоит разработать и задокументировать полный цикл монтажа или эксплуатации одной из электроустановок, указанной в теме задания: воздушные и кабельные линии, оборудование распределительных устройств открытого и закрытого типа (ОРУ и ЗРУ), трансформаторные подстанции (ТП), силовые трансформаторы и другое электрооборудование систем электроснабжения. В процессе выполнения курсовой работы, студенты составляют технологические карты (ТК) на монтаж электроустановок и регламенты технического обслуживания при эксплуатации. Структура учебной дисциплины «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения» представлена в таблице 1.

**Таблица 1.** Структура учебной дисциплины «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения»

№№ П.п.	Наименование разделов рабочей программы
1	Монтаж электроустановок
1.2	Организация и подготовка электромонтажного производства
1.3	Общие принципы проведения электромонтажных работ.
1.4	Система нормативной, проектной и эксплуатационной документации электромонтажного производства
1.5	Организация, планирование, подготовка к производству, охрана труда, индустриализация и механизация электромонтажных работ
1.6	Пусконаладочные работы и приемка в эксплуатацию
1.7	Материалы, применяемые при монтаже и эксплуатации электроустановок. Инструменты и специальное оборудование и техника, применяемое при производстве электромонтажных работ
1.8	Монтаж цеховых силовых электрических сетей
1.9	Монтаж осветительного оборудования и осветительных сетей
1.10	Монтаж кабельных линий напряжением до 35 кВ
1.11	Монтаж воздушных линий напряжением до 10 кВ
1.12	Монтаж трансформаторных подстанций
1.13	Монтаж распределительных устройств
2	Монтаж заземляющих устройств
2.1	Эксплуатация электроустановок
2.2	Эксплуатация и надежность оборудования
2.3	Эксплуатационная техническая документация
2.4	Профилактические измерения и испытания. Поиск и устранение повреждений.
2.5	Продолжительность ремонтного цикла, и цикла технического обслуживания. Периодичность контроля работоспособности оборудования.
2.6	Организация эксплуатации и ремонт распределительных устройств
2.7	Организация эксплуатации и ремонт воздушных линий электропередачи
2.8	Организация эксплуатации и ремонт кабельных линий и сооружений
2.9	Организация эксплуатации и технического обслуживания подстанционного оборудования

В результате освоения дисциплины студенты получают знания об основных технологических этапах подготовки и производства строительного-монтажных

работ электроустановок современных систем электроснабжения, а так же требованиях эксплуатации и технического обслуживания электрооборудования. Так же закрепляется определенный опыт деятельности - формулирование и анализ задачи, поиск и принятие оптимального технического решения. Полученные теоретические знания закрепляются в ходе работы на лабораторных и практических занятиях.

Для повышения практической значимости данной дисциплины, предлагается дополнить учебный материал разделами, посвященными ключевым моментам производства электромонтажных работ и процесса эксплуатации электроустановок в условиях действующего производства.

Эти разделы представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Разделы дисциплины «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения», связанные с действующим производством

№№ П.п.	Дополнительный материал	Пояснение
1	2	3
1	<b><i>Подготовка производства</i></b>	
1.1	Документация строительства	Договорная и проектно-сметная документация. Календарные планы строительства и сетевые графики. Графики поставки оборудования и материалов и графики финансирования строительства объекта. Исполнительная документация. Деловая (служебная) переписка по объекту строительства. Нормативно-техническая документация (стандарты, технические регламенты, указатели стандартов, а так же ГОСТы, СНиПы, технологические карты, инструкции, схемы операционного контроля и т.п.), системный подход к управлению документацией.

Продолжение таблицы 2		
1	2	3
1.2	Проект производства работ	<p>В системе организационно-технологической подготовки строительных работ проект производства работ (ППР) является основным документом. При подготовке к производству строительных (электромонтажных) работ должны быть разработаны проекты производства работ, переданы и приняты закрепленные на местности знаки геодезической разбивки по частям зданий (сооружений) и видам работ (п.2.5. СНиП 3.01.01-85 Организация строительного производства). Таким образом, осуществление строительства любого объекта невозможно без предварительно подготовленного и согласованного пакета документов, в число которых входит и ППР, регламентирующий технологию и организацию строительных работ с учетом требований по качеству работ, охране окружающей среды и труда, а также экологической безопасности для конкретного объекта на строительной площадке.</p>
2	<b><i>Производство работ</i></b>	
2.1	Строительный контроль	<p>Строительный контроль должен выполняться непрерывно на всех этапах строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта капитального строительства. Порядок проведения строительного контроля устанавливается нормативно-правовыми актами РФ. Основным из таких актов является «Положение о проведении строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства», утвержденное постановлением Правительства РФ от 21.06.2010 г. № 468</p>

Продолжение таблицы 2		
1	2	3
3	<b><i>Сдача-приемка выполненных работ</i></b>	
3.1	Исполнительная документация	Документация, которая оформляется в процессе строительства и отражает процесс исполнения строительно-монтажных и пусконаладочных работ, а также условия производства таких работ. Она включает текстовые и графические материалы, представляет фактическое исполнение проектного решения, а также фактическое положение объектов строительства, их элементов в процессе выполнения строительно-монтажных работ, реконструкции или капитального ремонта по мере завершения работ, отраженных в проектной документации.
4	<b><i>Эксплуатация объекта</i></b>	
4.1	Регламенты проведения ремонтов и технического обслуживания	Регламенты, разработанные и утвержденные в производственной организации, устанавливают общеотраслевые обязательные для исполнения требования по организации и выполнению работ в области функционирования систем электроснабжения, а также обязательные требования к оформлению результатов этих работ. При этом, регламенты (стандарты предприятия) разрабатываются в системе производственного предприятия для обеспечения надежности, промышленной и экологической безопасности при эксплуатации систем электроснабжения, а также при ведении работ по основной производственной деятельности как между собой, так и с подрядчиками, органами государственного надзора, а также унификации применения и обязательного исполнения требований соответствующих федеральных и отраслевых стандартов, правил и иных нормативных документов.

## **ВЫВОДЫ:**

1. Процесс получения высшего технического образования в высшем учебном заведении должен содержать изучение основ актуальных инженерных дисциплин, к одной из которых можно отнести учебный курс «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения».

2. Студенту в процессе изучения курса «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения» предлагается проработать теоретические и практические вопросы подготовки и производства строительного-монтажных работ электроустановок современных систем электроснабжения, а также требования эксплуатации и технического обслуживания электрооборудования на промышленных и коммунально-бытовых объектах.

3. С целью повышения практической значимости данной дисциплины, предлагается дополнить учебный материал разделами, посвященными реальной документальной технической подготовке производства работ, основами составления проектно-сметной документации, а также составом приемо-сдаточной документации при проведении испытаний и сдаче объекта в промышленную эксплуатацию. Особое внимание обратить на ознакомление студентов с составом необходимой исполнительной документации.

4. Изучение дисциплины «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения» закладывает знания, необходимые студентам в дальнейшей профессиональной деятельности, что повышает их профессиональную оценку со стороны потенциальных работодателей.

## **Список литературы:**

1. ГОСТ Р 21.1101-2009. «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации».

2. Свод правил. СП 48.13330.2011. Организация строительства.

3. РД-11-02-2006 «Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения».

4. И 1.13-07 «Инструкция по оформлению приемо-сдаточной документации по электромонтажным работам». М.: ОАО ВНИПИ «Тяжпроэлектропроект». (взамен ВСН 123-90).

5. Постановление Правительства РФ от 21 июня 2010 г. N 468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства».

**РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ  
ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ  
НА ОБЪЕКТЕ АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»**

**Мирошниченко Сергей Юрьевич,**

электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования  
АО «Уральская Сталь», Оренбургская область, г. Новотроицк

**CALCULATION OF ECONOMIC FEASIBILITY OF INTRODUCTION  
OF FREQUENCY-ADJUSTABLE DRIVES OF ELECTRIC MOTORS AND  
DETERMINATION OF ENERGY-SAVING POTENTIAL AT THE SITE OF  
JSC «URAL STEEL»**

***Аннотация:** Целью и задачей данного исследования является определение потенциала энергосбережения на тягово-дутьевом вентиляторе котла №2 на заводе АО «Уральская Сталь» за счет внедрения частотного регулирования электродвигателей.*

***Ключевые слова:** энергоаудит, преобразователь частоты, двигатель.*

***Annotation:** The objectives and objectives of this survey are to determine the potential for energy saving on the traction fan of boiler No. 2 at the plant of JSC «Ural Steel» by introducing frequency regulation of electric motors.*

***Keywords:** energy audit, frequency converter, motor.*

В настоящее время, в связи с изменением стоимости тарифов на электроэнергию, актуальным решением становится программа энергосбережения. Установка преобразователей частоты (ПЧ) приводит к экономии электроэнергии, а также косвенным эффектам, напрямую не связанным с экономии энергии. Косвенные эффекты включают в себя повышение автоматизации, повышение производительности, снижение расходов на ремонт, снижение простоев и аварийных остановов и прочее.

Косвенные эффекты для тягово-дутьевых машин:

- снижаются нагрузки на энергетическую инфраструктуру предприятия вследствие плавного пуска электродвигателей (низкие пусковые токи);
- ПЧ в отличие от традиционных способов регулирования не требует никакого обслуживания, что позволяет снизить издержки;
- гибкое управление за счет простоты перенастройки параметров технологического цикла (изменение скорости), экономия времени при настройке;
- повышение качества технологических производственных процессов за счет высокоточного поддержания требуемых параметров;

– встроенные в ПЧ функции позволяют реализовывать сложные задачи автоматического управления без дополнительных внешних устройств;

– ПЧ имеют широкий набор коммуникационных возможностей (протоколы и интерфейсы) для подключения к ПЛК или системе управления завода (АСУ ТП). Таким образом, можно повысить уровень автоматизации и оперативно получать данные с оборудования;

– возможность удалённой диагностики привода по промышленной сети.

Паровой котёл ДЕ-25-14 ГМ газомазутный вертикально-водотрубный с естественной циркуляцией типа Е (ДЕ) производительностью – 25 тон насыщенного пара (194 °С) в час. Предназначен для использования пара на технологические нужды промышленных предприятий, в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Установкой, рассматриваемой для внедрения преобразователя частоты, является вентилятор котла № 2, который служит для подачи воздуха на горелку и образования газозоудшной смеси.

Расчет для тяго-дутьевых машин (ТДМ) основан на [1], [2].

Расчет производится на основании данных режимной карты работы печи и данных по печи за расчетный период.

Основная формула расчета производительности и потребляемой мощности работы частотно-регулируемого электропривода имеющего переменную нагрузку на валу:

$$P_{\text{треб}} \approx \frac{P_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{n_{\text{треб}}}{n_{\text{ном}}}\right)^3}{\eta_{\text{пч}} \cdot \eta_{\text{эд}} \cdot \eta_{\text{мех}}};$$

где:  $P_{\text{треб}}$  – мощность, необходимая для обеспечения требуемой производительности, кВт;

$P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность двигателя, кВт;

$n_{\text{ном}}$  – номинальная частота вращения вентилятора, об/мин;

$n_{\text{треб}}$  – частота вращения вентилятора, требуемая для обеспечения требуемой производительности, об/мин;

$\eta_{\text{пч}}$  – КПД преобразователя частоты, %;

$\eta_{\text{эд}}$  – КПД электродвигателя, %.

При оценке энергосбережения сравнивалось энергопотребление ТДМ при регулировании направляющим аппаратом и в случае регулирования изменением скорости вращения.

Мощность, потребляемая ТДМ при регулировании направляющим аппаратом, определяется как:

$$P_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{тек}} \cdot P_{\text{тек}}}{1000 \eta_{\text{тдм}} \cdot \eta_{\text{эд}}}$$



Формула расчета снижения потребляемой мощности при использовании преобразователя частоты:

$$\Delta P = P_{\text{расч}} - P_{\text{треб}}$$

Расчет сэкономленной электроэнергии:

$$\Delta C = \sum_n \Delta N \cdot T_n$$

Оценка экономического эффекта методом дисконтирования денежного потока.

Коэффициент дисконтирования:

$$\frac{1}{(1 + E)^{ti}}$$

Денежный поток:

CF = Чистая прибыль + Амортизация – Капитальные вложения,

Расчет срока окупаемости:

$$PP = Y + \frac{-NPV_Y}{CF_{Y+1}}$$

Для данного проекта выбран преобразователь частоты серии Danfoss VLT® HVAC Drive мощностью 45 кВт и напряжением 3 фазы 380В. Данный преобразователь имеет встроенный фильтр ЭМС класса А2, графическую панель оператора, защитное покрытие плат, степень защиты IP20, 4 ПИД-регулятора.

В данных расчетах экономических показателей проекта внедрения ЧРП учитывается следующее:

1. Стоимость проекта комплексной модернизации составит 420081 рубль.
2. Жизненный цикл оборудования для расчетов принят равным 10 годам.

Инвестиции включают в себя:

- преобразователь частоты Danfoss FC102 (131G5244) 45 кВт (1 шт);
- пуско-регулирующую аппаратуру;
- работы по монтажу и пуско-наладке станции управления.

Усреднив полученные данные, профиль нагрузки механизма показан на рис. 1.

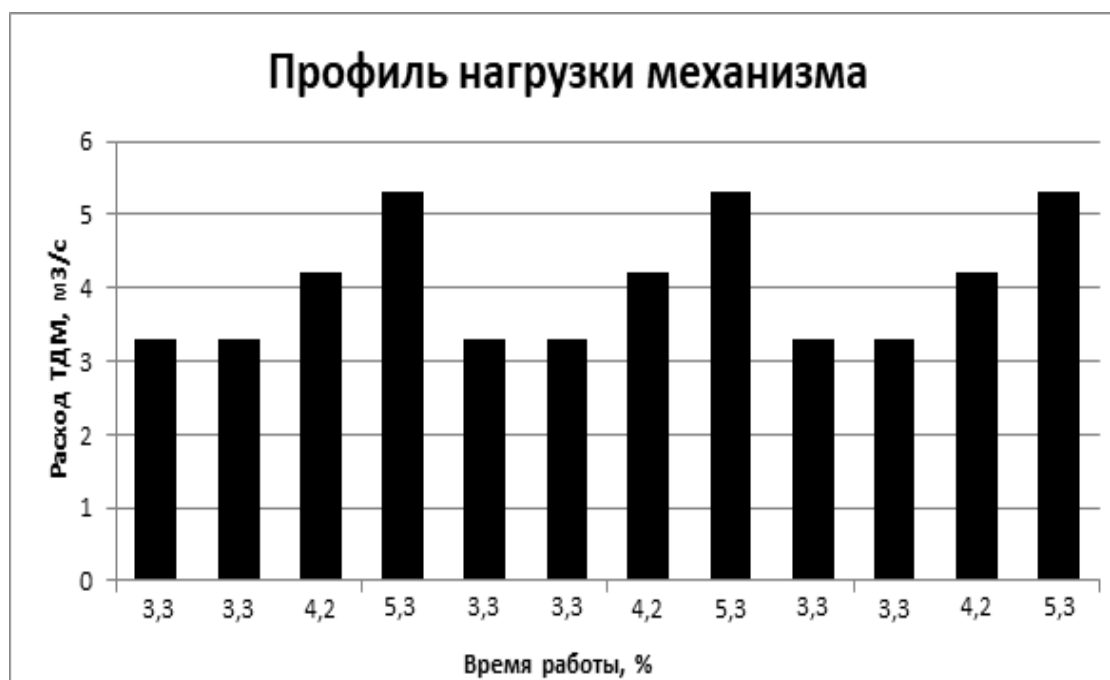


Рисунок 1. Профиль нагрузки вентилятора котла №2

На основе предоставленной информации для варианта комплексной модернизации были получены следующие результаты, которые отображены на рис. 2.

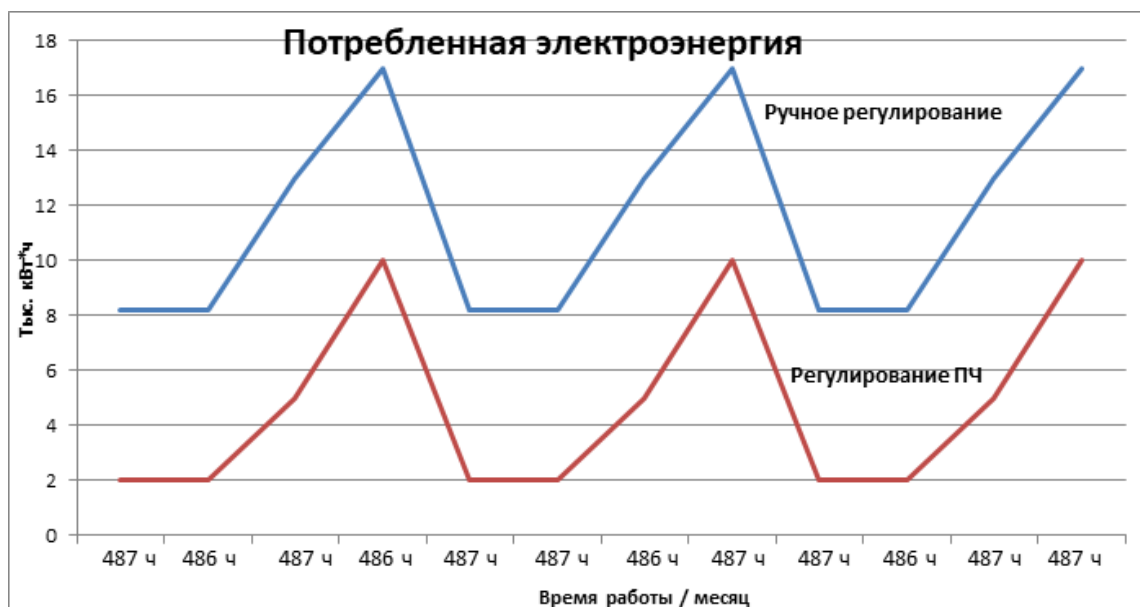


Рисунок 2. График потребления мощности при регулировании с ручным регулированием и при питании от ПЧ

Результаты расчета сведены в таблицу 1, 2.

**Таблица 1. Расчет потребляемой энергии при модернизации**

Расход	Время работы, ч	Мощность без ПЧ, кВт	Мощность с ПЧ, кВт	Энергия без ПЧ, кВт*ч	Энергия с ПЧ, кВт*ч	Экономия ЭЭ, кВт*ч	Экономия ЭЭ, %	Экономический эффект, руб
39,57%	487	16,85	4,13	8204,83	2010,79	6194,05	75,49%	30660,52
39,57%	486	16,85	4,13	8187,99	2006,66	6181,33	75,49%	30597,57
53,84%	487	26,27	10,40	12793,41	5066,53	7726,88	60,40%	38248,05
67,87%	486	34,27	20,83	16654,14	10125,35	6528,78	39,20%	32317,47
39,57%	487	16,85	4,13	8204,83	2010,79	6194,05	75,49%	30660,52
39,57%	487	16,85	4,13	8204,83	2010,79	6194,05	75,49%	30660,52
53,84%	486	26,27	10,40	12767,14	5056,12	7711,01	60,40%	38169,51
67,84%	487	34,27	20,83	16688,40	10146,19	6542,22	39,20%	32383,97
39,57%	487	16,85	4,13	8204,83	2010,79	6194,05	75,49%	30660,52
39,57%	486	16,85	4,13	8187,99	2006,66	6181,33	75,49%	30597,57
53,84%	487	26,27	10,40	12793,41	5066,53	7726,88	60,40%	38248,05
67,84%	487	34,27	20,83	16688,40	10146,19	6542,22	39,20%	32383,97
За период				137580,19	57663,38	79916,82	58,09%	395588,24



**Вывод:** Расчет экономической целесообразности внедрения частотно-регулируемых приводов электродвигателей и определение потенциала энергосбережения на объекте АО «Уральская Сталь» показал, что срок окупаемости данного проекта составляет – 1,53 года, рентабельность инвестиций (ROI) – 488%, внутренняя норма доходности (IRR) – 87%, чистый дисконтированный доход (NPV) – 2 049 734 руб.

**Список литературы:**

1. «Инструкция по расчету экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода» согласованная с Главгосэнергонадзором и утвержденная Минтопэнерго России от 19.12.1995 г.
2. Лезнов Б. С. «Методика оценки эффективности применения регулируемого привода в водопроводных и канализационных установках» М.: Машиностроение, 2011 г. Автор: Б. С. Лезнов, д-р техн. наук, зав. лаб. ОАО «НИИ ВОДГЕО».

**ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В ОБЛАСТИ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

**Новиков Игорь Сергеевич,**

электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования  
АО «Уральская Сталь», Оренбургская область, г. Новотроицк

**PROBLEMS OF PERSONNEL TRAINING IN THE FIELD  
OF ELECTRICITY**

***Аннотация:** В статье дается обзор основных проблем, связанных с поиском и подготовкой инженерных кадров для работы в области электроэнергетики и теплоэнергетики. Рассматриваются основные вопросы, и отражается их актуальность в современном мире.*

***Abstract:** This article gives an overview of the main problems related to the search and training of engineering personnel for work in the field of electric power and heat power engineering. The main issues are considered, and their relevance in the modern world is reflected.*

***Ключевые слова:** электроэнергетика, теплоэнергетика, кадры*

***Keywords:** electric power industry, heat power engineering, personnel.*

Внедрение новых энергосберегающих технологий и повышение энергоэффективности каждого предприятия, каждого производства являются необходимыми компонентами инновационного пути развития. Решение подобного рода

задач возможно лишь при соответствующем кадровом обеспечении, так как в соответствии с известным высказыванием, кадры решают все.

Современная энергетическая отрасль требует высококвалифицированных профессионалов, образованных и обладающих широким спектром компетенций, умеющих ориентироваться в потоке поступающей информации, способных грамотно и мобильно решать сложные производственные задачи при постоянно изменяющихся условиях. Однако кадровый состав энергетических предприятий указывает на отсутствие необходимого количества квалифицированных работников. На это имеется ряд причин.

Во-первых, недостаточное число профессионально ориентированных учебных заведений в стране, осуществляющих подготовку кадров в сфере энергетики.

Во-вторых, наблюдается «утечка» специалистов в иные отрасли российской промышленности, например, в нефтяную, газовую, оборонную. Это обусловлено более высоким уровнем оплаты труда. В связи с этим многие прошедшие обучение и получившие опыт работы в энергетических компаниях сотрудники переходят именно в эти сферы деятельности.

В-третьих, одной из причин является демографический фактор: доля трудоспособного населения в России составляет около 50 % от его численности [4,1].

Следует отметить, что существующая проблема количества кадров усугубляется их относительным старением: пенсионеры в энергетике составляют около 8 %, а молодые люди до 25 лет – только 7 %. Изменился верхний возрастной предел претендентов: если раньше работодатели искали специалистов до 40 лет, то теперь рассматривают кандидатуры до 50 лет включительно.

Резко проявляется географический фактор: отсутствует, в первую очередь, кадровая обеспеченность регионов, где сосредоточен основной энергетический потенциал: электрогенерирующие мощности, распределительные сети и т.д. Отдаленные и северные регионы полностью потеряли свою привлекательность для молодых специалистов.

Кроме того, энергетическая отрасль требует от персонала и определенных физических качеств и потому является преимущественно мужской сферой деятельности. Она не самая высокооплачиваемая, но при этом одна из самых трудозатратных, в связи с чем, традиционно не всегда престижная и не очень привлекательная для молодых специалистов. Однако при этом в ней наблюдается некоторая кастовость и определенная семейственность.

Наряду с количественной стороной проблемы, которая лежит в основном в плоскости социально-политических аспектов, существует и ее качественная сторона, находящаяся в компетенции обучающих структур. Ведь энергетика – это высокотехнологичная отрасль, специфика которой подразумевает специальное образование занятых в ней людей даже на самых низших должностях [4,2].

Наконец, энергетика требует замысловатого призвания. Вот что касается призвания, то оно не всегда может быть распознано на этапе окончания средней школы. Потому в энергетику приходят и остаются в ней в основном уже определившиеся в жизни люди. Однако этих взрослых людей часто не удовлетворяет тот уровень образования, которым они располагают, и у них, естественно, возникает стремление повысить свою квалификацию и определить предпосылки для дальнейшего карьерного роста.

Таким образом, в основном повышение образовательного уровня инициируется, так сказать, снизу. Почему же, несмотря на острую потребность в квалифицированных кадрах предприятия в большинстве случаев не имеют, а если имеют, то не реализовывают программы кадровой политики? Основным сдерживающим фактором в этом деле являются особенности развития национальной экономики, не позволяющие достаточно успешно строить и реализовывать долгосрочные планы развития. В то же самое время подготовка грамотного, знающего специалиста с высшим образованием занимает не один год.

Актуальность рассматриваемой проблемы обострилась в связи с выходом Федерального закона об энергосбережении и повышении энергетической эффективности. В новых условиях предприятия вынуждены обращать внимание на эти вопросы еще больше и вступать в тесное взаимодействие с учебными заведениями, осуществляющими подготовку кадров. При этом статьей 27 Закона предусматривается государственная поддержка и содействие в осуществлении образовательной деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

По традиции источником инженерных кадров для энергетической отрасли всегда служила система высшего профессионального образования. Однако в последние годы в ней наметился ряд проблем, создающих препятствия на пути обеспечения требуемой эффективности процесса обучения:

- ориентация деятельности дневных вузов на выпускников школ, а подход к подготовке работающих людей по вечерней и заочной формам обучения как к второстепенной задаче;
- стремление максимально использовать высшими учебными заведениями стандартные образовательные технологии, созданные для студентов очной формы, так как использование дистанционных телекоммуникационных технологий требует другой квалификации преподавателей и другой учебно-методической базы, а также возможной переквалификации обучающего персонала;
- недостаточная эффективность существующих механизмов обратной связи работодатель – образовательное учреждение. По причине этого ярко наблюдается отставание содержательной и организационной составляющих обучения от потребностей практики;

– недостаточный уровень научной и практически-лабораторной базы вузов, что связано с невозможностью в условиях ограниченного финансирования поддержания их в актуальном состоянии, соответствующем современной действительности;

– нехватка профессиональных и высококвалифицированных преподавателей, объясняющаяся сложностью организации постоянного и качественного повышения их научно-практического уровня и высоким средним возрастом профессорско-преподавательского состава [4,4].

Альтернативой подготовки кадров при вузах является создание на предприятиях корпоративных университетов или специализированных центров обучения и переподготовки персонала. Однако вследствие значительных материальных затрат такое возможно только в крупных концернах или холдингах.

Сегодня становится очевидным, что автономный путь развития сферы образования не способен обеспечить желаемого инновационного развития энергетики и обеспечения ее кадрами достаточного уровня квалификации. Образование и производство должны развиваться как компоненты единой инновационной системы – в тесном сотрудничестве и взаимообогащении. В сложившейся ситуации наиболее эффективное решение проблемы может быть найдено в создании практикоориентированной системы профессиональной подготовки на базе безотрывного потокового обучения совместно с применением современных информационно-коммуникационных технологий.

Основными заказчиками специалистов в энергетическом институте являются предприятия топливно-энергетического, добывающего и перерабатывающего комплексов России, машиностроительные, электро-, тепло- и энергомашиностроительные предприятия, оборонный комплекс, предприятия министерства по атомной энергетике, а также предприятия федерального подчинения различных отраслей [1].

Свыше 90% студентов старших курсов и выпускников высших учебных заведений работают по своей специальности. Кроме того, они достаточно востребованы на своих предприятиях, многие из них профессионально определились еще до поступления в вуз. Если верить статистике, примерно 70% выпускников вузов в России работают не по специальности.

По отзывам работодателей о профессиональных качествах, уровне знаний и карьерном росте выпускников института они быстро адаптируются на производстве, активно участвуют в решении различного рода производственных задач, имеют стабильное продвижение по службе и возможность карьерного роста.

Реформа высшего образования в России, проводимая «с целью интеграции высшего образования России в единое европейское пространство высшего образования», длится более 15 лет, к сожалению, без позитивной динамики. Инженерные задачи подавляющее большинство выпускников вузов стали решать



в основном только «по аналогии». К примеру, простые арифметические расчеты выполняются на калькуляторе. Отсутствует внутреннее «мозговое» понимание выполняемых функций. Поиск решений в Интернете может полностью заменить инженерный анализ. Ответ на любой элементарный вопрос современные студенты ищут в мировой паутине. Современное производство и экономика страны начинают настоятельно требовать перемен в квалификационной подготовке специалистов и выпускников вузов [2].

Как можно заметить, в настоящее время сложилось весьма неблагоприятное состояние в электро- и теплоэнергетике в связи с ликвидированным инженерным образованием в этих направлениях. Особенно остро эта проблема связана с вопросами надежной, устойчивой и безаварийной работы Единой энергетической системы (ЕЭС) России, охватывающей самую большую площадь и наибольшую мощность в мире. Проблемы передачи электроэнергетической энергии на большие расстояния и сохранения устойчивой синхронной работы ЕЭС не могут быть успешно решены без научно-технического прогресса и подготовки научных и инженерных кадров. На это накладываются новые задачи импортозамещения не только энергетического оборудования, но и технологических основ диспетчерского и автоматического управления и информационного обеспечения единого процесса выработки, передачи и распределения электрической энергии – процесса чрезвычайно наукоемкого и востребованного. Замена инженеров бакалаврами, хотя и с некоторой компенсацией магистрами, не позволяет рассчитывать на необходимый успех. Глубокое недофинансирование высшего технического образования особенно пагубно сказывается на качестве подготовки специалистов (как научных, так и технических кадров), что стало предметом чрезвычайной озабоченности, как преподавателей высшего технического образования, так и работников сферы генерации и передачи электроэнергии [3].

В данной статье [5] обосновывается влияние высшего технического образования на энергетическую безопасность России, особенно рассматривая вопрос с позиции надежного и бесперебойного энергоснабжения. Ключевыми тезисами, обосновывающими тактику обеспечения высокого качества специалистов, являются, во-первых, увеличение доли самостоятельной работы студента во взаимодействии с преподавателем. При этом нет необходимости снижать место и роль преподавателя в учебном процессе, как это имеет место в действующей системе технического образования. Во-вторых, требуемое для научно-технического прогресса качество подготовки инженеров и магистров невозможно без достойной оплаты труда профессорско-преподавательского состава, которая сейчас, к сожалению, занижена, что практически все преподаватели вынуждены подзарабатывать себе на жизнь. Для сохранения и укрепления энергетической безопасности с точки зрения режимной надежности и послеаварийного управ-

ления ЕЭС подготовка инженерных кадров должна выполняться системно на 10 – 15 выпускающих кафедрах России по направлению «Электроэнергетика» по согласованным программам с ведущими энергетическими компаниями страны.

В докладе [6] на тему «Корпоративная система подготовки инженерных кадров в России» отмечаются три важных момента. Во-первых, в технических вузах исчезла законная возможность инженерной подготовки, которая предусматривает умение самостоятельно добывать и передавать новые знания, а также приобретать и развивать инженерное мышление студентов. Во-вторых, обосновывается необходимость создания отраслевых центров инженерной подготовки, дополняющих систему подготовки специалистов в государственных технических университетах. Это позволяет частично перенести бремя финансового, организационного и кадрового обеспечения инженерной подготовки в производственную сферу экономики страны. В-третьих, в основу учебного процесса должно быть положено выполнение конкретных проектов, привязанных к нуждам производственной сферы, с последующей их защитой. Каждому учащемуся преподаватель разрабатывает и контролирует индивидуальное задание на самостоятельную работу. При этом оплата работы привлекаемых преподавателей должна быть существенно выше той, которая существует в настоящее время в технических университетах.

### **Список литературы:**

1. Дьяков А. Ф., Платонов В. В. Проблемы инженерного образования в электроэнергетике и электротехнике М.: НТФ «Энергопрогресс». – 2014 – 98 с., ил. – (Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; Вып. 7 (187)).
2. Бартоломей П. И. Электроэнергетике России – новое инженерное образование // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2015. – №1(28). – С. 10-15.
3. Дьяков А. Ф., Платонов В. В. Проблемы инженерного образования в электроэнергетике и электротехнике, значимость наукоёмкости этих отраслей экономики // Энергетика. – 2014. – №1(48). – С. 20-25.
4. Каган А. В. Проблемы подготовки кадров в области энергосбережения и энергоэффективности предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://gisee.ru/articles/experience\\_exchange/26851/](https://gisee.ru/articles/experience_exchange/26851/) (Дата доступа 08.03.2018).
5. Дьяков А. Ф., Платонов В. В. Об ошибках высшей школы России при подготовке специалистов для электроэнергетики и электротехники. Вести в электроэнергетике №5, 2013. С.25-26.

6. Ерохин П. М., Куликов Ю. А. Корпоративная система подготовки инженерных кадров в России // Электроэнергетика глазами молодежи: научные труды VI международной НТК: сборник статей в 2 т. Иваново, 2015. Т.1, с. 7-11.

## **ОБЗОР ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЗДАНИЙ**

**Шуравин А. П.,**

аспирант, ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова», г. Ижевск, Удмуртская Республика

### **REVIEW OF OPTIMIZATION TASKS OF BUILDINGS THERMAL-HYDRAULIC MODES**

***Аннотация:** Целью настоящей статьи является обзор оптимизационных задач, которые могут встречаться при автоматизации расчетов гидравлических режимов зданий и систем тепло- энергообеспечения для определения актуальности исследования в области разработки оптимизационных алгоритмов термогидравлических режимов зданий.*

***Ключевые слова:** Методы оптимизации, термогидравлический расчет, энергосбережение, температурный дисбаланс.*

***Abstract:** The purpose of this article is review of the optimization tasks that can occur in the automation of calculations of the hydraulic modes of buildings and heat and power supply systems to determine the relevance of research in the development of optimization algorithms for thermohydraulic building modes.*

***Keywords:** Optimization methods, thermohydraulic calculation, energy saving, temperature imbalance.*

#### **Введение**

Одним из приоритетных направлений исследования в области энергосбережения можно назвать решение задач оптимизации термогидравлических режимов зданий, в частности, уменьшение энергопотребления и энергопотерь, устранение температурного дисбаланса и т. д. В частности, актуально рассмотрение выбранного объекта исследования [1-4], связанного с термогидравлическим расчетом систем отопления зданий. Ранее этот вопрос рассматривался в работах [5;6].

Изучение алгоритмов оптимизации является актуальным [1;3-5;7;8], поскольку данные технологии можно применить к решению различных задач, в частности, к прогнозированию в экономических задачах, оптимизации складских запасов, составлению расписаний, снижению себестоимости в производственных процессах, а также уменьшению энергопотребления в тепловых

и электросетях. Одним из факторов влияния на проблему создания сильного искусственного интеллекта можно назвать методы оптимизации. Повышение эффективности методов оптимизации способствует решению вопросов, связанных с использованием эвристических алгоритмов, а также внедрением инновационных технологий в программе «Умный город» [11]. Это, в свою очередь, позитивно влияет на развитие технологий ИИ в целом.

В качестве предмета исследования [7-10] рассматриваются вопросы применения технологий искусственного интеллекта для решения различных задач. Вопросы применения алгоритмов оптимизации термогидравлических режимов зданий рассматриваются в работе [5].

Одним из факторов повышения вероятности успеха при широкомасштабном внедрении IT-технологий является грамотная постановка задачи и качественное предпроектное исследование. В частности, в работе [12] отмечается необходимость детального анализа функций автоматизируемого предприятия и задач, которые должна решать автоматизация. Следует отметить, что при проведении предпроектного обследования очень важно выявить потребности конечных пользователей, лиц, принимающих решение и собственников автоматизируемого предприятия. Это позволит более оперативно и с наименьшими затратами внедрить систему автоматизации.

Исходя из сказанного, целью настоящей статьи является обзор оптимизационных задач, которые могут встречаться при автоматизации расчетов гидравлических режимов зданий и систем тепло-энергообеспечения.

### **Оптимизация тепловых потоков между абонентами**

Одной из задач оптимизации в отопительной системе является устранение теплового дисбаланса между абонентами потребления тепловой энергии. Данный дисбаланс выражается в наличии «теплых» и «холодных» домов. Эта проблема решается подбором необходимых диаметров сопел клапанов на входе в здание, обеспечивающих нормативную температуру воздуха внутри отапливаемых помещений. При этом изменение диаметров сопел влияет не только на температуру воздуха внутри здания, на входе которого установлен регулятор, но также и на другие здания, включенные в данную систему теплоснабжения. Одним из условий успешного применения методов регуляции является применение оптимизационных алгоритмов, в которых целевой (минимизируемой) функцией является отклонение температуры воздуха в здании от нормативной величины. В [1;13] предложены мероприятия по снижению температурного дисбаланса, которые включают в себя, в частности, регламентные работы по замене отопительных приборов, не соответствующих требованиям тепловой мощности.

### **Оптимизация гидравлических сопротивлений терморегуляторов зданий**

Помимо дисбаланса в теплоотопительной системе, аналогичная проблема существует и внутри отдельных зданий. Разбалансировка выражается в наличии «теплых» и «холодных» помещений внутри конкретного здания. Данная проблема, возникает, в частности, по причине несоответствия между требуемыми и фактическими параметрами теплоносителя и мощности отопительных приборов, а также по причине неоптимальной схемы подключения тепловых устройств. Данный дисбаланс можно устранить путем регулировки сопротивлений гидравлических регуляторов. Как и при регулировании тепловых потоков между абонентами, в данном случае существует аналогичная проблема: температура в комнате зависит не только от гидравлического сопротивления регуляторов в данной квартире, но и от гидравлических сопротивлений регуляторов в других квартирах [1;13].

Минимизация трудоемкости на обеспечение распределительных теплосетей

Трудоемкость обеспечения распределительных теплосетей складывается из:

- Работ по управлению сетью;
- Ремонтных работ.

Таким образом, оптимизация сводится к

- Минимизации количества мест приложения управления;
- Снижению риска возникновения аварийных ситуаций за счет снижения общего уровня давления в теплосети.

Таким образом, задача является двухкритериальной, и в качестве целевых функций могут быть использованы:

- Количество мест регулирования;
- Среднее давление (чем больше давление, тем больше вероятность аварии);[3].

Динамическая задача оптимизации

Данный тип оптимизационных задач имеет место в тех случаях, когда меняется тепловая нагрузка одного или нескольких абонентов. В качестве функции минимизации могут быть, например потери давления на дросселях и расход воды в теплотрассе. Пример подобной задачи был рассмотрен в работе [4], в которой производился расчет тепловой сети одного из Московских предприятий. В работе показаны примеры расчетной оптимизации тепловой сети для двух случаев:

- Сильной гидравлической разбалансировки;
- При изменениях тепловых нагрузок в процессе эксплуатации.

Разработанный в [4] оптимизационный метод позволяет проводить расчет параметров регулирующих элементов, а также приводить тепловую сеть к оптимальным характеристикам. Кроме того, методика позволяет отслеживать изменение параметров тепловой сети и возвращать их в оптимальное состояние путем изменения общего расхода и характеристик регуляторов. В качестве

метода решения предложен метод координатного спуска, также называемый еще релаксационным методом. Стоит заметить, что данный метод, хотя и обеспечивает сходимость, но он относится к классу градиентных методов, которые не всегда гарантируют достижение локального экстремума целевой функции [14;15].

### **Заключение**

Обзор показал, что существует достаточно большой класс оптимизационных задач, которые могут возникнуть в ходе автоматизации систем централизованного теплоснабжения. Для части данных задач предложены математически обоснованные алгоритмы решений, однако, стоит заметить, что не все предложенные методы обеспечивают достижение глобальных экстремумов целевых функции. Исходя из вышесказанного, можно полагать, что разработка более совершенных алгоритмов оптимизации термогидравлических режимов здания, в том числе, с применением эвристических алгоритмов и технологий искусственного интеллекта является актуальной задачей.[16]

### **Список литературы:**

1. Вологдин С. В. Математическая модель оптимизации тепловых потоков между зданиями в многоконтурной тепловой сети с целью снижения дисбаланса системы теплоснабжения за счет регулирования сопл элеваторных узлов. // В мире научных открытий – 2011. № 12. – С. 194 – 204.

2. Щенятский А. В., Якимович Б. А., Вологдин С. В. Разработка пакета прикладных программ по повышению энергоэффективности системы централизованного теплоснабжения // Современные информационные технологии и ИТ-образование: сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012 – С. 643 – 654.

3. Н. Н. Новицкий, А. В. Луценко. Исследование задач и методов многокритериальной оптимизации гидравлических режимов распределительных тепловых сетей // Научный вестник НГТУ Science Bulletin of the NSTU том 64, – № 3 – 2016 – с. 131–145.

4. Майков И. Л., Директор Л. Б., Зайченко В. М. Методы теплогидравлической оптимизации и управления тепловыми сетями // Управление большими системами / Учреждение Российской академии наук Объединенный Институт высоких температур РАН, Москва – выпуск 32 – 2011 – с. 205 – 220 .

5. Вологдин С. В. Исследование и оптимизация режимов теплоснабжения зданий, обслуживаемых централизованным источником тепла. Автореф. дис. ... к. т. н.: 05.13.16: Ижевский государственный технический университет, Ижевск, 2000.

6. Вологдин С. В., Горохов М.М., Русяк И.Г. Применение информационных технологий для решения задач теплоснабжения и энергосбережения. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения – 2001. № 4. – С. 50 – 57.

7. Шуравин А. П. Исследование обучаемости нейронной сети на примере предсказания числовых рядов // Научные достижения и открытия 2017: сборник статей III Международного научно-практического конкурса. Пенза: Наука и Просвещение – 2017. – С. 31 – 36.

8. Шуравин А. П., Вологдин С. В. Фильтрация входных данных нейронной сети с применением технологии цифровой обработки сигналов // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2017. т. 20. – № 4. С. 104 – 109.

9. Безуглова М. Н., Потапенко Д.А. Онлайн-банкинг: гонка за искусственным интеллектом // Вектор экономики – 2017 – № 11(17) С. 50.

10. Бобков В. Д. Обзор и анализ системы управления «умного дома» с искусственным интеллектом // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Концепция динамического равновесия в новых технологиях» – Казань – 2017 – С. 15 – 18.

11. Умный город. [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://city-smart.ru> (Дата доступа 23.02.2018).

12. Плющева Т. И. Предпроектное исследование АСОИИУ с использованием производственных связей // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности: сборник материалов международной научно-технической конференции. Издательство: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» – Москва – 2016 – с. 104 – 107.

13. Методы и алгоритмы повышения энергоэффективности многоуровневой системы централизованного теплоснабжения: монография // С. В. Вологдин, Б. Я. Якимович – Ижевск, Издательство ИжГТУ Имени М. Т. Калашникова – 2015 – 264 с.

14. Акулич И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учеб. пособие для студентов эконом. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1986.

15. Коробейников А. В. Программирование нейронных сетей. Учебно-методическое пособие по дисциплинам «Методы оптимизации. Нейронные сети», «Нейрокомпьютерные системы» и «Нечеткая логика и генетические алгоритмы».

16. Селетков С. Г., Конструктор научной публикации // Вестник ИжГТУ. – 2015. – № 3. – С. 155 – 117.

## РАЗДЕЛ 2. НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

---

### НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**Бражников Александр Владимирович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Ермолаев Артем Евгеньевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Ковалев Артем Дмитриевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### ALTERNATIVE SOURCES OF ELECTRIC ENERGY

***Аннотация:** В статье описываются наиболее распространенные нестандартные возобновляемые источники электрической и тепловой энергии. Анализируются перспективы развития данных источников в России.*

***Ключевые слова:** Электричество, тепло, энергия, ветер, солнце, вода.*

***Abstract:** The article describes the most common non-standard renewable sources of electric and thermal energy. The prospects of development of these sources in Russia are analyzed.*

***Keywords:** Electricity, heat, energy, wind, sun, water.*

Добыча возобновляемой энергии с помощью потока рек уже давно постигнута человечеством. Но из-за энергетического кризиса в конце девятнадцатого века, а также резкого уменьшения ресурсов, таких как каменный уголь, газ, нефть, встал вопрос о поиске других возобновляемых источников, которые находятся в окружающей среде.

С помощью разработок ученых появилась возможность использовать энергию солнца, ветра, приливов для добычи электричества. В мире из возобновляемых источников получают 18% энергии.

Проблемы энергетики в районах с неблагоприятной экологической обстановкой позволяют решать именно использование возобновляемых источников



энергии. Это дает возможность труднодоступным областям получать электроэнергию без использования линий электропередач, а так же позволяет пользоваться электроэнергией в районах, в которых экономически не выгодна доставка топлива.

На сегодняшний день в России таким источникам энергии выйти на уровень промышленности пока не удалось, именно поэтому регенеративная энергия в стране совсем не велика. На данный момент в России широко применяется ядерная и гидроэнергетика, но так же ведётся поиск и альтернативных источников энергии для большей экономии финансов и ресурсов. После 2000 года из-за ухудшения экологической обстановки, уменьшения природных ресурсов и других важных факторов, стало понятно, что нашей стране нужно рассматривать другие альтернативные источники энергии, такие как, например, солнечные батареи, ветряные генераторы и так далее. Широко развиваются новые источники электроэнергии. В городах уличное освещение переводят на солнечные батареи для большей экономии, но есть и минусы этого вида электроэнергетики: повышенная запылённость и недостаток солнечного света в отдельных регионах. Солнечные батареи всё чаще встречаются на улицах, как на фонарях освещения, так и на светофорах дорожного регулирования. Преимуществами солнечных электростанций являются практически неисчерпаемость энергии и значительная безопасность для окружающей среды. Но так же они очень зависят от погоды и времени года. Солнечная электроэнергия является абсолютно независимым видом энергии. При использовании такого альтернативного вида энергии не требуется подключение к сети электропотребителей.

В России электроэнергетика, основанная на силе ветра от которой работает ветряной генератор, который выдаёт до 20000 МВт стала последнее время очень бурно развиваться. Использование ветряных генераторов при скорости ветра 6 м/с и мощности 1 МВт экономит 1000 тонн топлива в год. Ветряные генераторы так же стали широко применять в городской жизни, как для электроснабжения городов, так и для отдельного производства, а так же магазинов, школ и так далее. Но их использование очень затруднено теми факторами, что для ветряных генераторов необходим очень мощный фундамент, они должны стоять на открытой местности, к ним должны быть проложены хорошие дороги для их транспортировки на место, монтажа и последующих ремонтов. Ветряные генераторы достаточно выгодно применять в степной местности, так как там практически постоянно есть ветер.

Для примера, в европейских странах и США используют грунтовые дороги для транспортировки и дальнейшего обслуживания этих генераторов. У нас в России в Тюменской области, Магадане, на Камчатке и Сахалине, если использовать ветряные генераторы, то с 1 квадратного километра можно будет получить 2,5-3,5 млн. кВт/ч. Это в 200 раз выше потребления энергии на данный момент.

Ветряной генератор так же должен работать какое то время автономно, то есть от аккумулятора. Для получения электрической энергии для промышленности используются инверторы. Для бесперебойной работы с ветряными генераторами в паре используются дизель – генераторы. Ветряные генераторы изготавливаются двух видов конструкций: карусельная и крыльчатка. Ветряные генераторы так же можно использовать и в домашних условиях, так как ветряная энергия является на данный момент самым дешёвым видом энергии.

В 1968 году на Кольском полуострове в работу была запущена первая и на тот момент времени единственная в мире экспериментальная приливная электростанция, вырабатывающая 450 кВт/ч. В результате разработки этого проекта и дальнейшей его работы, было принято решение развивать и дальше приливные электростанции (ПЭС) в России, как очень перспективные и выгодные источники электроэнергии на побережье Тихого и Северного Ледовитого океанов. В настоящее время в Хабаровском крае ведется строительство Тугурской ПЭС, проектная мощность которой составит 6,8 млн. кВт. Возводится Мезенская ПЭС в Белом море с проектной мощностью 18,2 млн. кВт. Такие установки сейчас развиваются и устанавливаются в других странах, например, в Китае. Такой вид электростанций за годы своей эксплуатации показал свою высокую надёжность и производительность. Чтобы создать такую станцию, устье реки или залив перекрывают плотиной, в которой монтируют гидроагрегаты. В зависимости от условий работы, они могут работать и как насосы, и как генераторы, вырабатывая электроэнергию.

В настоящее время актуальным направлением в электроэнергетике является разработка станций, непосредственно преобразующих излучение солнца в электроэнергию. Станции состоят из панелей на основе монокристаллов, поликристаллов и аморфного кремния. Электроэнергию удастся получить даже при рассеянном солнечном свете. Для того чтобы регулировать мощность, можно снимать или добавлять модули. Станции почти не расходуют энергию для собственных нужд, они автоматизированы, надежны, безопасны, поддаются ремонту. Чтобы развить возобновляемые источники энергии в Дагестане, Ростовской области, Ставропольском и Краснодарском краях были приняты в эксплуатацию солнечные коллекторы, которые снабжают автономной энергией своих потребителей. Так 1 м<sup>2</sup> солнечного коллектора позволяет экономить до 150 кг условного топлива в год. Солнечные батареи на данный момент являются одним из наиболее перспективных видов альтернативных источников энергии. Солнечная энергия будет долгое время актуальна из-за её неиссякаемости. Тем не менее, появление солнечных источников энергии, таких как солнечные станции, могут вызывать изменение в климате данного региона.

В данной статье были рассмотрены альтернативные источники энергии, а так же их краткая история развития и указаны особенности. Завершающим этапом является внедрение новых источников электроэнергии. Максимальная мощность, которую может выдавать ветряной генератор 20000 МВт. Максимальная мощность самой мощной солнечной станции России 40 МВт. Максимальная мощность приливных электростанций 1,7 мВт. Использование таких источников энергии экономит достаточно большое количество топлива.

## **К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

**Задорожный Виталий Дмитриевич,**

кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### **TO THE ISSUE OF THE OPTIMIZATION OF USE ENERGY RESOURCES**

***Аннотация:** В статье рассматривается возможность организации участка утилизации отходов деревообработки в виде пресованных пеллет. Дается характеристика пеллет как альтернативных видов топлива.*

***Ключевые слова:** Оптимизация, энергетика, пеллеты, топливо.*

***Abstract:** The article discusses the possibility of organizing the site of wood waste disposal in the form of prefixed pellets. The characteristic of pellets as alternative fuels is given.*

***Key words:** Optimization, energy, pellets, fuel.*

Одним из основных направлений утилизации древесных отходов является их использование для выработки тепловой и электрической энергии. В последние годы энергетическое использование древесных отходов рассматривается как альтернатива традиционным видам топлива. Это связано с тем, что древесные отходы в качестве топлива обладают многими преимуществами:

- относятся к возобновляемым источникам энергии;
- в их составе практически нет серы (0,015 – 0,030 %);
- возможность сжигать влажные отходы (до 55 – 60 % влаги);
- уменьшение эмиссии двуокиси углерода;
- низкая коррозионная агрессивность дымовых газов;
- возможность конденсировать влагу дымовых газов и высвободить скрытую теплоту парообразования;
- низкая зольность, причем зола является ценным удобрением;

– низкая, по сравнению с ископаемым топливом, цена.

Использование в России древесных отходов не только меньше вредит окружающей среде, но и служит источником экономии средств, предназначенных для покупки топлива. Ресурсы древесных отходов оцениваются в 36 млн. м<sup>3</sup> в год, что эквивалентно 59 млн. МВт/ч тепловой энергии, и позволяет заменить 7820 тыс. т мазута стоимостью \$745 млн. [1,33].

В последнее время наметилась тенденция к увеличению стоимости природного газа, причем для различных потребителей. Поэтому появился стабильный спрос на органические виды топлива. На основании теплотехнических расчетов установлено, что отопление небольших зданий, менее 200 м<sup>2</sup>, наиболее эффективно и экономично отапливать пеллетами [1,39]. Придуманы пеллеты в середине прошлого века. Их изобретение явилось результатом поиска решений сокращения расходов по вывозу отходов небольших деревообрабатывающих предприятий. С целью уменьшения объема вывозимых отходов решили прибегнуть к их прессованию в местах обработки древесины. В итоге значительно сократилась потребность в средствах транспортировки. Кроме того выяснилось что пеллеты обладают значительно большей теплотворностью и меньшей зольностью, чем обычные отходы деревообработки [2,25].

В настоящее время в степных зонах Оренбургской области, в частности г.г. Орска и Новотроицка, работают несколько деревообрабатывающих предприятий. Суммарное количество отходов их производственной деятельности составляет более 1500 тонн в год. На сегодняшний день эти отходы просто сжигают или утилизируют. Утилизация предлагалась фермерским хозяйствам. Однако в связи с дорогостоящей транспортировкой и малой насыпной массой это мероприятие организовать не удалось.

В таблице 1 представлены данные по насыпной массе и влажности древесных отходов и брикетов из них (пеллет), которые их характеризуют как вид энергетического материала.

**Таблица 1.** Насыпная масса древесных отходов

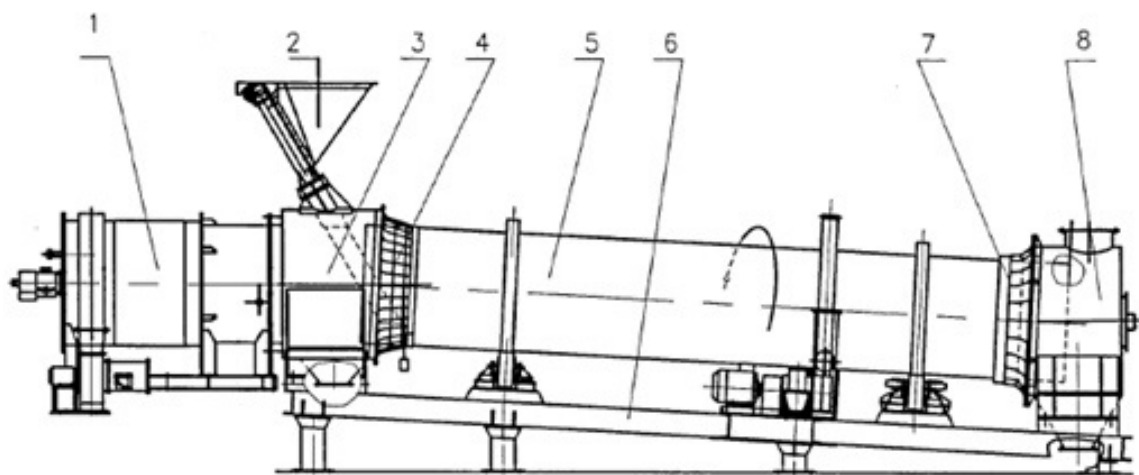
Наименование	Насыпная масса, кг/м <sup>3</sup>	Влажность, %
Технологическая щепа хвойных пород	200-360	30-55
Мелкая стружка	80-140	3-40
Микростружка	120-180	3-4
Опилки	100-200	8-15
Брикеты (пеллеты)	400-600	8-15

В данной работе предлагается организовать участок утилизации отходов деревообработки в виде пресованных пеллет по минимальной стоимости с последующей их реализацией частным и фермерским хозяйствам.

В городе Новотроицке имеется три предприятия по переработке древесины (ДОК и две пилорамы), каждый из которых перерабатывает до 400 м<sup>3</sup> леса в месяц. Отход составляет от 22 до 25 % от общей переработанной древесины, 90-100 м<sup>3</sup> соответственно с каждого предприятия. В сумме получается 250-300 м<sup>3</sup> материала для производства пеллет. Так же можно учесть отходы предприятий городов Орска и Гая. Из этого следует, что целесообразно будет использовать мини-завод по производству пеллет в городе Новотроицке, мощностью приблизительно равной 0,5 т/ч, так как объем отходов для их производства не так уж велик, чтобы строить ее мощнее.

Технологическая схема производства пеллет следующая. Древесные отходы измельчаются в корпусе дробилки, куда они попадают из загрузочной воронки. Измельчение происходит за счет ударной энергии вращающихся полотен и ударов молотков по древесным заготовкам, а также за счет взаимодарений. Частицы, имеющие размер менее 5 мм, проходят через отверстия решетки и направляются на просеивание (см. рисунок 1) [3, 22].

Сушильный агрегат состоит из соединенных между собой теплогенератора (или прямоочной горелки), камеры загрузочной, сушильного барабана и камеры выгрузочной. Материал последовательно проходит через эти составные части агрегата и по мере продвижения к камере выгрузочной 8 нагревается и из него испаряется влага.



- 1 – теплогенератор; 2 – питатель; 3 – камера загрузочная;  
4 – уплотнение «горячего» конца барабана; 5 – барабан сушильный;  
6 – рама агрегата; 7 – уплотнение «холодного» конца барабана;  
8 – камера выгрузки

**Рисунок 1.** Схема сушильного агрегата

Теплоноситель, в данном случае газозвоздушная смесь, образуемая в теплогенераторе 1, движется к камере выгрузочной 8 под воздействием разряжения. Разряжение создается вытяжным вентилятором (дымососом), который не входит в состав сушильного агрегата и должен быть установлен после выгрузочной камеры. В данной конструкции сушка производится методом прямотока, то есть материал и теплоноситель двигаются в одну сторону.

Материал загружается в сушильный барабан 5 через винтовой питатель 2 и трубу загрузочную, установленные на загрузочной камере 3. Сушильный барабан 5 установлен под углом 3-5° к горизонтали и может вращаться вокруг продольной оси со скоростью, задаваемой частотным преобразователем, которым можно регулировать скорость вращения приводного двигателя (6-7 об/мин). Материал, поступивший в сушильный барабан, постоянно перемещается вдоль оси барабана, при этом перемешивается и постоянно находится в контакте с теплоносителем. Для регулирования количества материала, подаваемого винтовым питателем 2, скорость вращения двигателя привода питателя винтового также регулируется частотным преобразователем. По мере продвижения к камере выгрузочной 8, материал высушивается. Влага из материала уносится теплоносителем для очистки от пылевидной фракции материала, увлеченной теплоносителем [4, 66].

Пеллеты являются экологически чистым топливом, так как при их сгорании выделяют ровно столько CO<sub>2</sub>, сколько было впитано деревом при его росте. То есть при сжигании пеллет количество выделяемого углекислого газа в атмосферу не превышает объем выбросов, который образовался бы путем естественного

разложения древесины. Используя пеллеты, сберегается от сруба живой лес и от загрязнения отходами деревообрабатывающего производства окружающая среда. Так же, пеллеты относятся к возобновляемым источникам топлива, в отличие от угля, нефти и газа.

Таким образом, пеллеты как вид альтернативного топлива, имеют хорошие перспективы по применению в современных системах отопления и водоснабжения наравне с традиционными теплоносителями.

### **Список литературы:**

1. Тиайнен В.С. Преимущества прессованного биотоплива: топливные гранулы и брикеты // Леспромформ. 2013. № 11. – С. 31-40.
2. Крылов С.В. Рациональное производство топливных гранул // Био-энергетика. 2011. № 2. – С. 24-25.
3. Шалашов А.П. Эффективные технологии переработки низкосортной древесины и древесных отходов // Леспромформ. 2012. № 6. – С. 18-29.
4. Вершинин В.А. Чистая энергия // Леспромформ. 2008. № 5. – С. 66-67.

## **ПРОБЛЕМЫ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ. СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ**

**Зуев Юрий Михайлович,**

специалист службы главного энергетика, АО «Машиностроительный концерн ОРМЕТО-ЮУМЗ», Оренбургская область, г. Орск

**Андреева Елена Николаевна,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический института (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

## **PROBLEMS OF ALTERNATIVE POWER. SOLAR PANEL**

***Аннотация:** В статье дан обзор основных проблем солнечной электроэнергетики, представлены новейшие разработки в данной области альтернативной энергетики и указаны возможные актуальные решения некоторых из проблем.*

***Ключевые слова:** Альтернативная электроэнергетика, солнечные панели, новые технологии, актуальность.*

***Abstract:** the article gives an overview of the main problems of solar power industry, presents the latest developments in the field of alternative energy and identifies possible, relevant solutions to some of the problems.*

***Keywords:** Alternative power engineering, solar panels, new technologies, relevance.*

Как известно, альтернативная электроэнергетика является приоритетным направлением в развитии энергетики большинства стран.

Появление солнечных панелей дало резкий скачок к выработке электроэнергии без затрат на ископаемое топливо и с сохранением экологической обстановки в регионах.

Солнечные панели используют неисчерпаемую энергию солнца, но наряду с неоспоримыми положительными качествами, имеются и ощутимые проблемы.

Первая проблема – недоступность данной технологии для большинства потребителей. Вся суть проблемы в использовании редких компонентов и сложного технологического процесса производства.

Большинство потребителей из-за отсутствия финансовых возможностей не смогут приобрести солнечные панели с достаточной выработкой электроэнергии для обеспечения своего жилья.

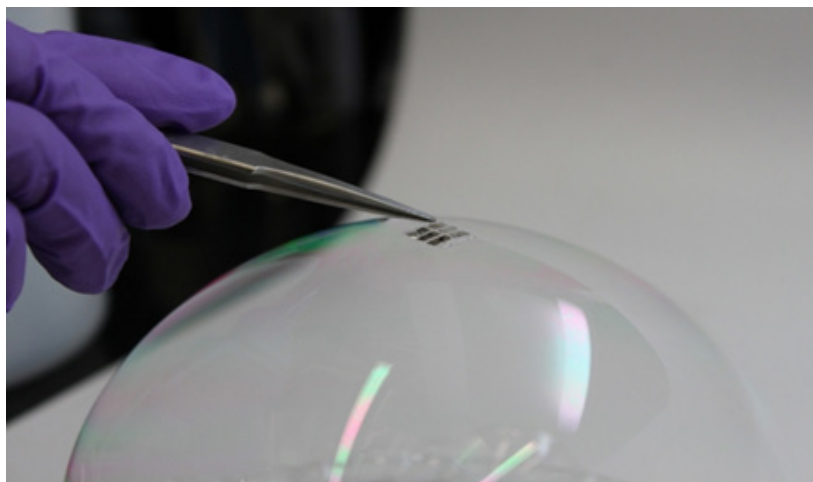
Данную проблему можно и нужно решать с помощью внедрения инноваций, нано-технологий, снижения затрат на производство, поиск более эффективного и дешёвого материала.

Например, инженеры MIT разработали процесс создания сверхтонких и лёгких солнечных батарей на основе полимеров. Панели преобразовывают свет в электричество точно так же, как их более привычные аналоги, но по соотношению вырабатываемой энергии к весу превосходят их в сотни раз. Новая технология позволяет выращивать всю панель целиком – вместе с подложкой, начинкой и защитным покрытием. Это снимает необходимость в осторожном обращении с частями панели, в частности, с предотвращением попадания пыли между её слоями [1].

Также создаются гибкие и прозрачные солнечные панели, ведутся разработки по снижению затрат на производство и использование дешёвых полимерных материалов.

Вторая проблема – отсутствие необходимых навыков и знаний у потребителя в обслуживании и правильной установке солнечных панелей. А так же в расчётах мощности и месте установки.





**Рисунок 1**

Большинство потребителей пытаются сами разобраться в технической документации, как установить панели, и конечно у них возникает ещё больше вопросов, которые они сами решить не в состоянии. Эту проблему можно решить, обратившись к экспертам и профессионалам в данной сфере. Но это тоже потребует финансовых затрат.

Третья проблема – отсутствие необходимых законопроектов в Российской Федерации для поддержки потребителя солнечных панелей.

На данный момент в Российской Федерации отсутствует законопроект, который бы урегулировал отношения между производителями электроэнергии и потребителями, пользующимися альтернативными источниками электроэнергии.

Несмотря на десятилетие действия Федерального закона № 35–ФЗ, в котором были определены основные направления развития и меры поддержки возобновляемых источников энергии, дальнейшего развития в нормативных документах Правительства РФ и отдельных министерств они не получили [2].

Решением данной проблемы может быть использование опыта в данной сфере из стран с развитой альтернативной энергетикой и привлечением частной электроэнергии в энергоснабжении страны.

Например, в ряде стран введена система, позволяющая продавать излишки произведённой альтернативной энергии в сеть, это даёт ощутимые результаты в малом и среднем бизнесе, где цена электроэнергии достаточно высока.



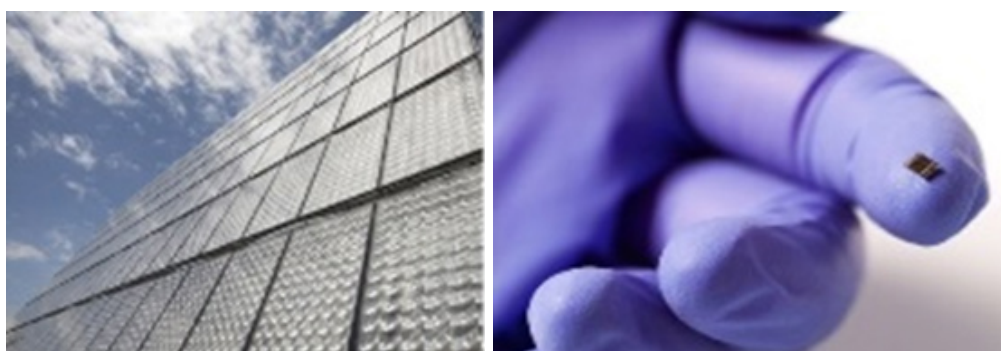
**Рисунок 2**

Четвёртая проблема – небольшой коэффициент полезного действия при выработке электроэнергии.

На самом деле эффективность солнечных панелей не так уж и высока. Стандартные панели массового производства имеют КПД не более 25%. Поэтому для выработки большого количества электроэнергии необходимо использовать огромные площади из солнечных панелей, что для обычного потребителя является невозможным.

Решением этой проблемы является изменение технологии изготовления солнечных панелей, внедрение новых компонентов, использование полимеров и полупроводников.

Например, рекордсменом по КПД среди солнечных батарей, из числа так или иначе доступных на рынке сегодня, являются, разработанные Институтом гелиоэнергетических систем Общества имени Фраунгофера в Германии, солнечные батареи на базе многослойных фотоэлементов. Размер самих фотоэлементов не превышает 4 миллиметра, а фокусировка солнечного света на них достигается путем применения вспомогательных концентрирующих линз, благодаря которым насыщенный солнечный свет преобразуется в электричество с КПД, достигающим 47% [3].



**Рисунок 3**

Конечно, такие данные получаются пока только в лабораториях, с использованием дорогостоящих компонентов. И в широкое производство такие панели поступят ещё не скоро из-за больших затрат на производство.

Поэтому снижение затрат на производство и повышение энергоэффективности солнечных батарей являются приоритетными направлениями.

В использовании данной технологии кроется еще немало проблем, решением которых занимаются специалисты по всему миру.

### **Список литературы:**

1. <https://geektimes.ru/post/272030/> (дата доступа 15.03.2018).
2. <https://www.gkh.ru/article/85977-politika-gosudarstva-po-razvitiyu-alternativnoy-energetiki> (дата доступа 15.03.2018).
3. <http://elektrik.info/main/news/1022-solnechnye-batarei-s-rekordnym-kpd.html> (дата доступа 15.03.2018).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

**Кислица Андрей Владимирович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### **USE OF NON-TRADITIONAL RENEWABLE SOURCES ENERGY**

***Аннотация:** в статье рассматривается вопрос возможности замещения традиционных источников энергии на возобновляемые. Использование солнечной инсоляции для получения тепловой энергии и применения гелиоколлекторов при проектировании малоэтажных зданий.*

***Ключевые слова:** энергетика, энергосбережение, солнечное теплоснабжение.*

***Abstract:** the article discusses the possibility of replacing traditional energy sources with renewable ones. Use of solar insolation to generate thermal energy and use of solar collectors in the design of low-rise buildings.*

***Key words:** energy, energy saving, solar heat supply.*

Вопросы энергосбережения и энергоэффективности стоят в ряду наиболее актуальных в мировой энергетике. В России им уделяется значительное внимание, в том числе и в таком документе, как «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года». Россия является одной из ведущих энерге-

тических держав мира и пока обеспечивает свои внутренние энергетические потребности, но сейчас топливно-энергетический комплекс России находится в очень сложном состоянии, которое связано с мировым кризисом, низкими инвестициями в энергетику, старением энергетического оборудования и общим падением промышленного производства. В конечном итоге, экономический рост и благополучие населения России зависит от того, насколько динамично развивается и стабильно функционирует топливно-энергетический комплекс.

На сегодняшний день возобновляемые источники энергии (ВИЭ) привлекают все большее внимание, но следует признать, что в России, в отличие от других стран, адекватной политики в этой области пока нет. Отношение к ВИЭ неоднозначно: есть оптимисты, которые категорично настаивают на более широком применении ВИЭ уже сейчас, но есть и другие, утверждающие, что для Российской Федерации, имеющей большие запасы органического топлива, возобновляемые источники энергии малоперспективны и не могут внести значительный вклад в энергетический баланс [1,1].

ВИЭ включают в себя широкий спектр источников энергии, значительную часть в котором занимают источники, имеющие солнечное происхождение. Вследствие разработок и освоения промышленных технологий стоимость энергии, производимой с помощью солнечных батарей и гелиоколлекторов, снижена в разы. Это позволяет рассматривать возобновляемую энергетику как один из ключевых факторов развития мировой энергетики.

В 2017 году идея полного перехода на возобновляемые источники энергии перестала казаться утопией, в мировой электроэнергетике продолжается тренд на развитие возобновляемых источников энергии. Внедрение ВИЭ набирает популярность даже в тех странах, которые располагают внушительными запасами нефти и газа. В Австралии, где по данным Electrek тарифы на электроэнергию являются самыми высокими в мире, компания Tesla меньше чем за 100 дней построила крупнейшую литий-ионную батарею мощностью 100 МВт и емкостью 129 МВт•ч Tesla Hornsdale Power Reserve предназначена для сохранения энергии, полученной от ветряных генераторов станции Neoen Hornsdale в Австралии. Эта система стала самым крупным в мире аккумулятором, подключенным к энергосети. Так Enel Green Power S.p.A (подразделение глобальной энергетической корпорации Enel Group, которая владеет внушительным портфелем энергетических активов по всему миру) продает солнечную энергию за 0,99 руб/кВт.ч. Эксперты считают, что к 2019 году цена составит не более 0,52 руб/кВт.ч. Очевидно, что интерес к возобновляемым источникам будет расти и дальше. По мнению аналитиков Сколково, в России начинается развитие нетрадиционной возобновляемой энергетики, несмотря на то, что мы находимся в стороне от общемирового тренда. Проведен конкурс проектов ВИЭ, которые должны быть введены в период до 2022 года. Результаты оказались

впечатляющими: отобрано около 2,3 ГВт: 1,7 ГВт ветряных электростанций, 0,5 ГВт – солнечных и 0,05 ГВт малых ГЭС.

Солнце – это неисчерпаемый энергетический потенциал. Использование энергии солнца для теплоснабжения является одним из наиболее самых развивающихся направлений применения возобновляемых источников энергии. Солнечные водонагревательные установки имеют наименьшие сроки окупаемости из всех видов ВИЭ. Они технически несложны и обеспечивают хорошие экологические показатели.

Для развития солнечного теплоснабжения важно оценить потенциальный российский рынок. В настоящее время существует экспертная оценка этого рынка в концепции развития энергетики России до 2030-го года, площадь размещения гелиоколлекторов составляет около 10 млн м<sup>2</sup>. В последние годы отмечен рост производства солнечных коллекторов в России, имеются технические возможности для массового сооружения гелиоустановок [2,98].

При организации серийного производства солнечных коллекторов реальный срок окупаемости гелиоустановок составит от 5 лет. При этом акцент сделан на создание энергетических комплексов, включающих как традиционное котельное оборудование, так и гелиоколлекторы. Применение солнечного коллектора с площадью 1 кв.м. заменяет 1 тонну условного топлива в год (сохраняя при этом до 1000 куб.м. воздуха). В солнечный день, за 1 час гелиосистемой, состоящей из 1 кв.м. коллектора и бака, подготавливается до 100л горячей воды. Опыт успешной эксплуатации установок горячего водоснабжения свидетельствует о перспективности данного направления использования возобновляемых источников энергии.

Про энергосбережение отдельно стоящих зданий можно сказать, что его существующий потенциал зачастую не в утеплении стен и установке энергосберегающих окон, а в устранении потерь в тепловых сетях, правильном регулировании, в проектных решениях и планировании систем теплоснабжения. Нужен комплексный подход, часто к желаемому результату приводит модернизация инженерных систем зданий, в которую входит балансировка гидравлики системы отопления, тепловая изоляция труб, замена морально устаревших тепловых и распределительных пунктов на автоматизированные тепловые пункты в зданиях с централизованным теплоснабжением [3,38].

### **Список литературы:**

1. Попель О. С. Возобновляемые источники в регионах РФ. Проблемы и перспективы// Энергосовет. М.: 2011 – №5. (18) [Электронный ресурс], Режим доступа [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=210](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=210) (дата доступа 16.03.2018).
2. Шетов В. Х., Бутузов В. А. Перспективы солнечного теплоснабжения // Энергосбережение . М.: 2006 – №2. – С. 98-100.

3. Гапо Е. Г. Решение задачи энергосбережения в России. Некоторые итоги и мифы // Энергосбережение. М.:2017 – №2. – С. 36-42.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

**Корниенко Андрей Анатольевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Чижиков Юрий Сергеевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### **ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USE OF SOLAR ENERGY**

***Аннотация:** В статье рассмотрены преимущества и недостатки солнечной энергетики. В результате сделаны выводы о целесообразности использования солнечной энергии в дальнейшем.*

***Ключевые слова:** Солнечная энергия, солнечные панели.*

***Abstract:** The article discusses the advantages and disadvantages of solar energy. As a result, conclusions were drawn about the advisability of using solar energy in the future.*

***Keywords:** Solar energy, solar panels.*

Солнечная энергия – это самый мощный из возобновляемых источников энергии, во много раз превосходящий ископаемые источники (уголь, нефть, газ, ядерное топливо), запасы которых стремительно уменьшаются. По подсчётам многих учёных, солнце будет существовать ещё около 6,5 млрд. лет. И всё это время человечество может использовать солнечную энергию для преобразования её в другие виды (электричество, тепло) и применять эту энергию в своих целях.

Потенциал солнечной энергии огромен – поверхность Земли облучается 120 тыс. тераваттами солнечного света, а это в 20 тысяч раз превышает общемировую потребность в ней.

Кроме того, солнечная энергия неисчерпаема и постоянна – её нельзя перерасходовать в процессе удовлетворения нужд человечества в энергоносителях, так что её хватит в избытке и на долю будущих поколений.

Солнечная энергия общедоступна на всей планете. Германия, в данный момент, лидирует в области использования энергии Солнца.

В последнее время экологическая обстановка на планете становится всё более напряжённой. В связи с этим, развитие солнечной энергетики, становится самым разумным решением глобальной экологической проблемы. Энергия от невозобновляемых источников лишь частично используется во время производства солнечных панелей и дополнительного оборудования. Но в процессе использования, солнечные установки полностью окупают свою стоимость и начинают производить «чистую» энергию. Создание солнечных панелей, их транспортировка и монтаж почти не создают вредных выбросов. В любом случае это ничтожно, по сравнению с количеством выбросов от ТЭС и АЭС.

Солнечные установки совершенно не производят шума, так как в них нет никаких движущихся частей. Это является одним из важнейших преимуществ, перед традиционными производителями электроэнергии и ветрогенераторами.

Начав использовать солнечные панели, как автономный источник энергии, частные потребители смогут заметить довольно большую экономию. Затраты нужны только на покупку автономной системы электроснабжения. Обслуживание системы не требует финансовых затрат, нужно лишь протирать солнечные панели от пыли и грязи, а срок службы таких установок около 20–25 лет.

Энергия Солнца имеет очень широкую область применения. Автономная выработка электроэнергии в местах, где отсутствуют централизованные электрические сети. На крайнем севере, в жарких пустынях, в море и даже в открытом космосе.

В настоящее время солнечные панели становятся всё более совершенными. Увеличивается вырабатываемая мощность, снижаются затраты на производство. Создаются прозрачные солнечные панели, которые уже сейчас начинают монтироваться в окна жилых помещений. Странами-лидерами в данной области являются Япония и Китай. Японская фирма «Sharp» – мировой лидер производства солнечных батарей, внедряет солнечные модули в строительные материалы, что позволяет отдельным жилым зданиям снижать энергопотребление от сети.

В обществе бытует мнение о том, что энергия солнца является довольно дорогим ресурсом. Этот вопрос является самым спорным из всех положительных и отрицательных сторон использования солнечной энергии. Обустройство отдельных частных домов солнечными батареями является очень дорогостоящим вложением и многие государства начинают оказывать поддержку в данной области, путём снижения стоимости панелей при закупке комплектной системы. Также на обустройство домов солнечными панелями выдаются кредиты, кроме того, предусмотрены лизинговые программы и субсидии.

По причине того, что солнечный свет исчезает ночью и почти исчезает в ненастные дни, энергия солнца не может являться основным источником питания, что подразумевает использование резервных источников питания в виде ёмких аккумуляторных батарей. Но использование аккумуляторов зна-

чительно увеличивает стоимость системы, что является негативным аспектом использования солнечной энергии. Но, в отличие от других альтернативных источников энергии, это всё-таки наиболее оптимальный вариант. Значительно улучшает ситуацию то, что максимум графика нагрузки приходится на дневное время.

Производство солнечных батарей требует немалых финансовых затрат, а также подразумевает использование редких материалов, таких как: теллурид кадмия (CdTe) или селенид меди индия галлия (CIGS).

Очень важным моментом выступает средняя плотность мощности, которая измеряется в ваттах на квадратный метр (Вт/м<sup>2</sup>). Эта единица подразумевает под собой количество мощности, которое можно получить с единицы площади. У солнечных панелей показатель плотности мощности довольно высок, по сравнению с другими возобновляемыми источниками энергии. Но в то же время ничтожно мал, по сравнению с традиционными АЭС, ГЭС и ТЭС.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА ДЛЯ ПГУ-325

**Кравцов Александр Анатольевич**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск.

## DESIGNING THE BOILER-RECYCLING BOILER FOR THE PGU-325

***Аннотация:** В статье приводится выбор принципиальной тепловой схемы ПГУ-325. Выполнен анализ котла-утилизатора. Приводится температурный график теплообмена. Основными критериями выбора выступают энергоэффективность, энергосбережение и экономичность.*

***Abstract:** In the article the choice of the basic thermal scheme of PGU-325 is given. The analysis of the construction of the waste heat boiler is performed. The temperature graph of heat transfer is given. The main selection criteria are energy efficiency, energy saving and economy.*

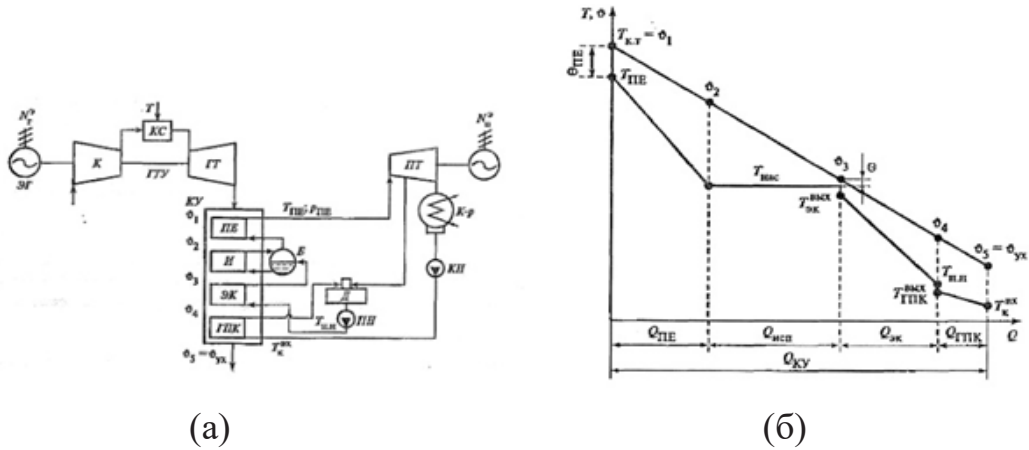
***Ключевые слова:** тепловая схема, котёл-утилизатор, диаграмма теплообмена.*

***Key words:** thermal scheme, the waste heat boiler, graph of heat transfer.*

Тепловая схема ПГУ-325 работает по термодинамическому циклу Брайтона–Ренкина. ПГУ-325 с одноконтурным котлом-утилизатором (в дальнейшем КУ) и диаграммой теплоотдачи выходных газов ГТУ рабочему телу в Q, T



координатах показана на рисунке 1, где приняты обозначения: Д – деаэратор, ГПК – газовый подогреватель конденсата, КН, ПН – насосы конденсатный и питательный. Термодинамический график построен в координатах с указанием температуры ( $T$ ) – количества теплоты ( $Q$ ).



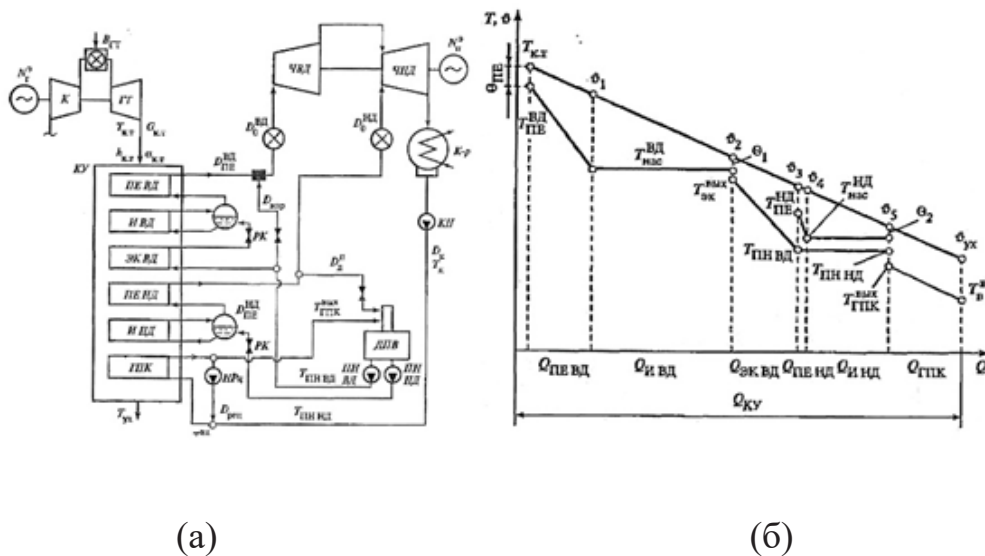
а – тепловая схема: б – диаграмма теплообмена КУ

**Рисунок 1** – ПГУ с одноконтурным КУ

В такой схеме газовый подогреватель конденсата (ГПК) встроен в КУ. Приведённая тепловая схема может быть выбрана для ПГУ – 325, поскольку она экономична с точки зрения сборки, но не до конца использует температурный резерв отходящих газов.

Так термодинамический расчёт показывает, что охладить газы на выходе из одноконтурного КУ удаётся лишь до 1600С при идеальной норме – 800С.

Поэтому для наиболее полной тепловой утилизации потенциала отходящих газов следует ставить вопрос об увеличении контуров КУ, что и принято для ПГУ-325, как показано на рисунке 2.



а – тепловая схема: б – диаграмма теплообмена КУ

**Рисунок 2** – ПГУ – 325 с двухконтурным КУ

Данная тепловая схема имеет двухконтурный котёл - утилизатор, который содержит пароперегреватель низкого (ПЕ НД) и высокого давления (ПЕ ВД), поверхностные испарители низкого (И НД) и высокого давления (И ВД) [1].

Экономайзер (ЭК ВД) конструктивно разделяет КУ на два контура.

Деаэратор питательной воды (ДПВ), осуществляет очистку конденсата. Паровая турбина с частями высокого и низкого давления (на схеме ЧВД, ЧНД), подключена к конденсатору. Циркуляционную поддержку в тепловой схеме ПГУ-325 рабочей среды выполняют насосы: КН – конденсатный; ПН ВД, ПН НД – питательные и НРц – рециркуляционный.

Q, T – диаграммы теплообмена котлов – утилизаторов на рисунках 1 и 2 позволяет оценить эффективность энергообмена и выполнить расчёт к.п.д. установки. На диаграммах отмечены:  $v_i$  – температуры продуктов сгорания,  $T_i$  – температуры пароводяного теплоносителя по тракту КУ; показаны температурные напоры.

Для КУ любой конструкции следует минимизировать значения температурного напора на холодном конце испарителя. Для этого в двухконтурном КУ ПГУ-325 используем в качестве поверхностей нагрева трубы наружного оребрения. Так реализуется глубина охлаждения выходных газов ГТУ до приемлемого уровня, а это существенно увеличивает экономичность и к.п.д. установки.

Для последующего совершенствования тепловой схемы ПГУ может быть использована одновальная конструкция ПГУ с двухконтурным КУ. Примером такой конструкции может послужить ГТЭ-200 (ЛМЗ),

Энергосберегающие мероприятия для ПГУ-325:

– насосы циркуляцией потока должны поддерживать температуру конденсата на входе в котел не ниже 60 °С;

– необходимо осуществлять регенеративный подогрев топливного газа до 135 °С в водяном подогревателе, обогреваемом питательной водой деаэратора.

К. п. д. производства электроэнергии брутто ПГУ-325 при благоприятных условиях может достигать 53,8 %.

Рассмотрим влияние окружающей среды. Она существенно влияет на производительность ПГУ-325, и связано это с характеристиками ГТУ. ГТУ, которая работает при температуре наружного воздуха близком к 0 °С, способна увеличить производительность электроэнергии на 15 – 20 % больше, чем та же установка в условиях подачи воздуха, нагретого до 30 0С. При расположении установки на высоте 120 м над уровнем моря, как это планируется для условий Уральских гор, мощность её станет на 1,2 % меньше, по сравнению с ГТУ при установке на уровне моря. Так влияет разница в давлениях и плотности атмосферного воздуха, подаваемого в воздушный компрессор. Поэтому необходимо учитывать климатические условия и возможные отклонения параметров воздушной среды в циклах года, 12 лет, 24 лет. А вот влажность воздуха почти не влияет на произ-

водительность и эффективность ГТУ. При проектировании ПГУ – 325 следует учитывать установленные ISO 2314 условия, которые предполагают параметры воздуха более естественные для климата Франции: температура  $t = +15$  °С; давление  $P = -0,10130$  МПа; относительная влажность воздуха 61 %. Отклонение от этих характеристик влияет на выходные значения показателей всего теплового цикла ПГУ и электрические характеристики. По технико-экономическим причинам топливо представляет собой ключевой показатель, потому что его состав и теплотворная способность непосредственно влияют на мощность ПГУ -325 и формируют состав экологической вредности. Топливом определяется температура конденсата для КУ. ПГУ – 325 проектируется для работы на двух видах топлива, основном и резервном. Удельные капиталовложения являются заключительным фактором проектирования ПГУ- 325 [1].

#### **Список литературы:**

1. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов/ Буров, В. Д., Ремезов, А. Н. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 584 с.–ISBN 5-04008892-2.

## **ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

**Нечаев Илья Сергеевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Шонина Дарья Евгеньевна,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

## **PERSPECTIVE OF SOLAR POWER ENGINEERING DEVELOPMENT**

***Аннотация:** В данной статье рассматривается перспектива развития ветровой энергетики, её проблемы и роль в мировой электроэнергетике. Также приведён обзор видов ветровых электростанций и принцип действия ветровых установок.*

***Ключевые слова:** Ветровая электростанция, энергетика, электроэнергетика, перспектива развития.*

**Abstract:** *In this article the perspective of development of wind energy, its problems and role in the world electric power industry is considered. Also given is an overview of the types of wind farms and the operation of wind installations.*

**Keywords:** *Wind power station, power, electric power, perspective of development.*

Известно, что основная часть электроэнергии в наше время вырабатывается с помощью трех основных видов электростанций: атомных, тепловых и гидравлических. На долю же всех альтернативных источников энергии приходится около двух процентов. Несмотря на это нетрадиционная энергетика развивается и распространяется в мире. Одним из направлений альтернативной энергетике является ветровая энергетика.

За последние годы ветроэнергетика начала бурно развиваться. Все из-за того, что энергия ветра является неисчерпаемой, а преобразование кинетической энергии ветра в электрическую является экологически чистой. Помимо этого важную роль играет и то, что некоторые страны не имеют достаточно энергоресурсов для удовлетворения собственных энергетических потребностей, поэтому они зависят от импорта электроэнергии, а в связи с политической нестабильностью и вооружёнными конфликтами в странах поставщиках, создаются риски для стран-импортеров. Именно эти факторы подталкивают развитие ветроэнергетики.

Ветровая электроэнергетика прошла долгий путь от 18-ого века до нашего времени. Сейчас для строительства ветровых электростанций используются дешёвые и эффективные материалы, а мощность электроустановок возрастает, это сокращает издержки и увеличивает конкурентоспособность.

Конструкция электрогенератора такова: электроустановка состоит из ротора с лопастями, которые преобразовывают кинетическую энергию ветра во вращательную, дальше идёт редуктор, задача которого заключается в повышении скорости вала, потом следует генератор, преобразующий полученную энергию в электрическую. Так же в состав электроустановки входят флюгер и анемометр, их задача собирать информацию о ветре и направлять лопасти в направлении максимальной силы ветра; башня, которая нужна, чтобы поднять ветрогенератор на достаточную высоту, и трансформатор, преобразующий напряжение.

Выделяют четыре вида ветровых электростанций, которые в основном основаны на их местоположении: прибрежные, наземные, плавающие и оффшорные [1].

Прибрежные располагаются около прибрежной линии, такое расположение обуславливается бризами, которые дают некую постоянность в ветровом потоке. Наземные электростанции находятся на возвышенностях и являются наиболее распространенными. Оффшорные строятся в море, где постоянно дуют морские

ветры. Плавающие электростанции располагаются примерно на таком же расстоянии от берега, как и оффшорные, но на плавающей платформе.

Отметим же теперь преимущества ветровых электростанций. Первое – это, конечно же, неисчерпаемые ресурсы, на которых работает установка, второе – это чистота вырабатываемой энергии, нет ни парникового эффекта, ни вредных выбросов, третье – это малая площадь, занимаемая под электростанцию, так как она поднята на достаточное расстояние от земли, четвертое – это дешевизна получаемой энергии и пятое – это возможность установить электроустановку в любых местах, где дует ветер.

Теперь перейдём к минусам: главный минус ветровых установок заключается в том, что сила ветра и его направление меняется, бывает и так, что ветра нет вообще, из-за чего происходит сбой в подаче электроэнергии. Для компенсации этого недостатка используют системы хранения большой емкости или комбинированную систему «ветро-дизель», в которых есть специальные устройства, распределяющие нагрузки между ветроэнергетической установкой и дизелем [1].

Второй минус – это то, что стартовый этап строительства станции требует достаточно больших материальных вложений. Иногда привлекаю инвестиции целой области. В среднем, стоимость 1 кВт установленной мощности составляет \$1000 [2].

К последним минусам отнесем не такие значительные недостатки, такие как нарушение естественного вида ландшафта, шумы, вырабатываемые станцией, которые могут причинять неудобства людям, но это решается установкой электростанции на определённом расстоянии от жилья. Ну и последнее – это небольшая вероятность столкновения птиц с лопастями ветряка [2].

В заключение можно сказать, что ветровая электроэнергетика, является перспективной в развитии, данные о ее потенциале представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Доля ветроэнергетики в мире

### Список литературы:

1. Электростанции ветряные: планирование и типы ветряных электростанций // [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://businessman.ru/new-elektrostancii-vetryanye-planirovanie-i-tipy-vetryanyx-elektrostancij.html>. (Дата доступа 12.03.2018).
2. Энергия ветра: преимущества и недостатки// [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://electricalschool.info/energy/1539-jenergija-vetra-preimushhestva-i.html>. (Дата доступа 12.03.2018).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА В ЭНЕРГЕТИКЕ

**Серкова Ксения Артемовна,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Урляков Александр Сергеевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Якунин Андрей Максимович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### USING SUNNY LIGHT IN ENERGY

***Аннотация:** В данной статье затронута тема использования альтернативного источника энергии – солнечного света. Дается его характеристика. Анализируются проблемные вопросы внедрения света в современное общество, а так же пути решения этих проблем.*

***Ключевые слова:** энергия, свет, человек, солнце, КПД.*

***Abstract:** This article touches upon the topic of using an alternative energy source - sunlight. Its characteristic is given. The problematic issues of introducing light into modern society, as well as ways of solving these problems are analyzed.*

***Key words:** energy, light, man, sun, efficiency.*

Сегодня источником альтернативной энергии может быть солнечный свет. Но он может быть использован и в других технических системах, повлиять на общую экономику, социальные отношения, в корне изменить подход к медицине.

Свет, тепло, воздух, вода, пища играют неотъемлемую часть в жизни каждого человека. И качество этих продуктов должно быть на высоком уровне. Но чтобы этого добиться сегодня, нужно тратить много энергии, которой зачастую не хватает человеку, обременённому множествами целей одновременно. Как говорил Томсон: «Солнце – является главным источником механической работы, полезной для человека». Действительно, солнце ещё не исследовано наукой и не понято нами в жизни, а ведь оно главный источник энергии во всём мире, а естественное излучение следует научиться рационально, экологично преобразовывать и применять напрямую от генератора. Человеку, который владеет

знанием элементарных законов, легко варьирует постулатами, аксиомами, определениями, проще и легче подойти к разработке проекта или даже созданию устройства по генерации и трансформации света в тепловую и электрическую энергии. Тем более, что люди со временем должны поставить перед собой задачу улучшения качества своей жизни, продуктов и т.п. Именно в этом человеку призвана помочь наука и знание законов Природы. Энергия и Жизнь взаимосвязаны и обусловлены. Современный человек не сможет прожить без энергии и тепла долгое время, так как все приборы в наше время нуждаются в электропотреблении. Человеческому организму обязательно нужен свет и тепло, так как в зимнее время каждый человек нуждается в том, чтобы его дом отапливался, чтобы там горел свет. Люди часто ездят отдыхать в тёплые страны, чтобы насытиться питательными веществами и поглотить энергию, которую испускает Солнце. Так современный человек без тепла и энергии не может существовать. Об этом же говорят и медицина. Солнечный свет очень полезен для человека, благодаря его лучам, в нашем организме синтезируется витамин «D», который, в свою очередь, влияет на усваивание кальция и фосфора. Солнечный свет или его отсутствие влияет на наше настроение. Недостаток солнечного света, может привести к упадку сил, апатии и общему ухудшению самочувствия человека. Солнце также играет немаловажную роль для правильного формирования, развития и работоспособности нервной системы человека, влияет на количество красных кровяных телец в нашем организме, повышает гемоглобин. С логической точки зрения, свет является отличным источником этой энергии.

Взяв в качестве примера фотосинтез, можно доказать, что каждое вещество, тело или предмет само определяет, какой спектр видимого света, с какой частотой и длиной волны он должен поглощать. Конечно же, это всё зависит от химического состава самого вещества. Опираясь на идею, которую предложил в 1756 году М. В. Ломоносов, можно сказать, что частицы света и частицы эфира сферической фигуры имеют три рода величин. Из курса физики нам известно, что частицы испускают только красные, жёлтые и голубые цвета, а все остальные цвета происходят из этих трёх, образуя, частицы эфира. Данное взаимодействие частиц света и вещества Ломоносов назвал «совмещением частиц». Всё в природе закономерно, так же можно сказать и про механическое действие излучения. Благодаря Солнцу, которое излучает свет и тепло, наша планета питается полезными веществами и можно сказать, что даже «дышит». Ночью земля отдыхает от Солнца, а днём с новыми силами начинает прогреваться. Ньютон лучше всех смог показать из чего состоит свет, описал его взаимопревращение в веществе. Энергию, которую человек научился преобразовывать в другие виды энергии, например, такие, как атомная, магнитная, тепловая и т.п., позволило достичь колоссального прогресса во многих отраслях промышленности и науки в целом.



Отметим, что у источников энергии есть как недостатки, так и преимущества. Главным недостатком солнечных электростанций является то, что преобразование солнечной энергии зависит от погодных условий и климата, которыми человек пока ещё не совсем управляет. В некоторых странах уже используют солнечную энергию, так как это позволяет тёплый климат и найден способ экономически выгодной трансформации света в электричество. Вопрос повышения КПД преобразования энергии оставим будущему. Поставив перед собой задачу, в ближайшие годы человек научится передавать энергию с малыми потерями на далёкие расстояния в самые отдалённые участки земли. Люди уже научились использовать в качестве источника энергии – гидроэнергию, энергию атома и энергию горения углеводорода. Это очень перспективные источники, но, строительство таких гидроэлектростанций, тепловых и атомных электростанций являются дорогими по себестоимости. Они требуют как физических, так и экономических затрат, не безопасны, а экологически более вредоносны и разрушительны, чем полезны. Человечество уже вполне масштабно может заняться преобразованием солнечной энергии в электрическую и тепловую. Задачу надо ставить многосторонне и многопланово.

На данный момент “большим минусом” в проблеме использования солнечной энергии играет географический фактор, с которым человек не в силах управлять. Например, на севере, где день очень короткий, такой вид энергии генерировать не разумно. А в южной части нашей страны в Астраханском регионе, например, показатели солнечной радиации позволяют использовать фотоэнергоустановки в течение 9 месяцев. Поэтому для региона развитие солнечной и ветровой энергетики – это одно из направлений, которое поможет вносить дополнительный доход в бюджет города.

21 декабря 2015 года в Оренбургской области города Орска открылась новая и самая большая в России солнечная электростанция – Орская СЭС. Она состоит из порядка 200 тысяч солнечных панелей общей мощностью в 25 МВт.

Что касается способов преобразования и использования солнечной энергии, то таких устройств много. Но все они имеют маленький КПД. Так же эти установки требуют огромных затрат. Из этого следует, что не все страны смогут позволить себе это, так как не у каждого государства есть такие экономические возможности.

Большой социальной проблемой является человеческое мышление, то каким однотипным оно стало. Человек, учась в школе, в институте, подходит к изучению света слишком однообразно и скудно. В сложившихся обстоятельствах есть факторы, которые могут снизить дальнейший интерес человеческой аудитории к многоплановому исследованию поднимаемого вопроса. Необразованность и скованность коллективного сознания порождает ряд нерешаемых задач, к которым относятся:

– подход к изучению универсального источника энергии подразумевает собой то, что всё должно сойтись по природным законам и законам механики в целом и стать единым универсальным законом;

– человечество должно объединить усилия и создать крепкую и непоколебимую базу знаний, фундамент, верную “ картину мира” на котором будет построено будущее.

– необходимо решить задачу экспериментальных исследований в горных и солнечных местах, использовать лаборатории с современным оборудованием, которого в настоящий момент не так много, а то, что есть, осталось как проекты будущего.

Люди всё больше и больше вглядывается в космос макро- и микромиров, следовательно, перед ним стоит и задача преодоления огромных космических расстояний. Это приближает нас к изучению и использованию света, постановке задач по достижению околосветовых и сверхсветовых скоростей, а значит, и разработке светового двигателя.

Всё необходимое, а именно ресурсы, человек сегодня черпает из земли, а это стало чревато рядом последствий. Главным тяжёлым последствием является сбой экосистемы в целом и изменение климата на планете, о чём мы слышим из СМИ и наблюдаем в местах проживания.

Проблемой является и качество физического труда человека, и отношение к нему. Не все солнечные установки могут работать днём, и не все они могут быть полностью автоматизированы. Тогда, обычно, привлекают особый обученный персонал, который должен работать и днём, и ночью. Им нужно платить заработную плату. Конечно, руководство пытается облегчить себе задачу и более экономично подойти к этому вопросу. Тогда они движутся навстречу к другой проблеме, связанную с неквалифицированным персоналом. Людям не хватает знаний, опыта и умения, чтобы справиться с трудностями, которые мы встречаем в энергетике.

Рассуждая, о повышении КПД, мы снова обращаемся к модели – Ломоносовским «шарикам», которые помогут нам полностью использовать энергию Солнца и разложить лучи по спектрам, рассортировать по фракциям, по физическим параметрам свет.

В заключение отметим, что при всех трудностях подхода к вопросу в изучении света, человек продолжает делать новые открытия и искать способы преобразования солнечной энергии. Благодаря этому, свет в скором времени не может не стать чем-то более значимым для человека, нежели сейчас. Он откроет нам много возможностей и в биологической медицине, и в технических системах. А ещё, приятным «бонусом» будет то, что по мере его изучения мы можем прийти к открытию новых законов, а может быть и к ответам на вопросы всего мировосприятия и мироздания.

### **Список литературы:**

1. Алхасов, А. Б. Возобновляемая энергетика : [монография] / А. Б. Алхасов ; под ред. В. Е. Фортова. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 255 с.
2. Алехин, В. А. Области применения солнечной энергетике / В. А. Алехин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 12. – С. 3– 8.
3. Гибилиско, С. Альтернативная энергетика : путеводитель / С. Гибилиско ; [пер. с англ. А. В. Соловьева]. – Москва : Эксмо, 2010. – 365 с.
4. Говорушко, С. М. Солнечная энергетика и ее экологические проблемы / С. М. Говорушко // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – № 4. – С. 30–33.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Чернов Александр Владимирович,**

мастер службы защиты от коррозий, ООО «Газпром Трансгаз Екатеринбург»,  
г. Екатеринбург

## **PROPOSAL ON THE USE OF ALTERNATIVE ENERGY RESOURCES AT THE ENTERPRISE OF THE GAS INDUSTRY**

***Аннотация:** В статье рассмотрены вопросы, связанные с бесперебойным электроснабжением устройств, предназначенных для защиты газопроводов от коррозионных токов. В качестве альтернативных источников энергии может использоваться энергия ветра и солнца, что внедряется на предприятии ООО «Газпром Трансгаз Екатеринбург».*

***Ключевые слова:** электроснабжение, солнечная энергия, энергия ветра, газопровод, коррозия металла.*

***Abstract:** The article deals with issues related to the uninterrupted power supply of devices intended to protect gas pipelines from corrosion currents. As alternative sources of energy, wind and solar energy can be used, which is being introduced at Gazprom Transgaz Yekaterinburg.*

***Key words:** power supply, solar energy, wind energy, gas pipeline, metal corrosion.*

Для снижения избыточных расходов по электроэнергии на предприятии нужно провести комплекс действий и выявить места с избыточным потреблением электроэнергии. Эффективная экономия энергоресурсов – одна из важных задач предприятия.

Постоянно повышаются тарифы на электроэнергию, при нерациональном их использовании повышается себестоимость продукции. Поэтому так важно проводить комплекс мероприятий по энергосбережению, снижая потребление электроэнергии. Проведению любых работ по энергосбережению должен предшествовать анализ текущих условий, включающий в себя проверку возможности снабжения энергией и проверку технического состояния всех систем электрообеспечения предприятия.

После проведения проверки можно сформировать программу по энергосбережению и составить план по внедрению энергосберегающих мероприятий на предприятии. Обычно энергетические затраты составляют около 30%, это связано с морально и физически устаревшим оборудованием, и нерациональным использованием энергоресурсов. Таким образом, можно задуматься об альтернативной энергетике. Тем более что в некоторых случаях, она может быть эффективной и экономичной. При этом ее можно использовать как аварийный источник питания.

Рассмотрим применение ветрогенератора и солнечной батареи в газовой промышленности, а именно для питания установок катодной защиты. Для безопасной эксплуатации газопроводов требуется защита от коррозии на всей протяженности и во времени. Поэтому вдоль газопровода на определенном расстоянии устанавливают станции катодной защиты и для питания станций приходится строить воздушные линии электропередачи, что требует больших затрат, как при строительстве, так и при эксплуатации. При строительстве воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) возникает много препятствий (переход через автодороги, железные дороги, водные преграды и т.д.).

Ветрогенераторы и солнечные батареи строятся в чистом поле, куда невозможно или затратно провести электроснабжения. Ветрогенераторы устанавливают на высокой мачте, выбирая самую высокую отметку, потому что чем выше, тем интенсивнее движение воздушных масс, (ветер сильнее). Лопасты крутятся от ветра, приводя в движение вал генератора. Чем быстрее вращается вал генератора, тем выше напряжение, больше сила тока и больше энергии вырабатывает агрегат. Система накапливает электричество. Аккумуляторы заряжаются, а затем энергию использует потребитель (установка катодной защиты). При этом должны учитываться климатические условия, мощность ветрогенератора и мощность потребителя должны быть сбалансированы.

Для решения задачи можно использовать комбинированные альтернативные энергетические схемы. Например, установить рядом солнечные батареи. Тогда вся полученная энергия поступает в аккумуляторы, при этом система генерирует энергию в любую погоду, что может обеспечить бесперебойную подачу электроэнергии для станций катодной защиты.

Существуют комплексные установки, которые включают в себя ветрогенератор и солнечные батареи. Мачту ветрогенератора устанавливают рядом с небольшим модульным зданием технического назначения, крыша которого «устлана» солнечными батареями. Внутри здания установлены системы накопления электроэнергии, конвекторы, и другое оборудование. Автономные системы такого типа так и называются (энергетические модули).

На практике, при совместном использовании ветрогенератора и солнечных батарей, исключается вероятность отключения станции катодной защиты. Это позволяет обеспечить бесперебойную защиту трубопроводов от коррозии, что повышает надежность эксплуатации всей системы.



**Рисунок 1**

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

**Шонина Дарья Евгеньевна,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Оренбургская область, г. Орск

**Нечаев Илья Сергеевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Оренбургская область, г. Орск

## FEATURES AND PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF WIND POWER ENGINEERING

***Аннотация:** В статье рассматриваются типы солнечных электростанций, развитие и перспективы солнечной энергетики в мире, а так же их роль в мировой электроэнергетике.*

***Ключевые слова:** солнечная электростанция, энергетика, электроэнергетика.*

***Abstract:** The article deals with types of solar power plants, development and perspective of solar energy in the world, as well as their role in the world electric power industry.*

***Keywords:** solar power station, power engineering, electric power industry.*

В настоящее время роль альтернативной энергетики в мировой электроэнергетике достаточно невелика, так на все виды нетрадиционных электростанций приходится примерно 2% вырабатываемой энергии. Однако, в связи с тем, что у традиционных источников энергии есть свои значительные минусы, такие как использование невозобновляемых ресурсов, огромные выбросы вредных веществ, возникновение экологических катастроф в случае аварии и другие, в мире развивается альтернативная электроэнергетика.

Одним из перспективных направлений в нетрадиционной электроэнергетике является солнечная электроэнергетика.

Солнечная энергетика начала своё развитие ещё в далёком 18-ом веке, а точнее в 1767 году, когда швейцарский ученый Гораций де Соссюр изобрёл первое устройство для получения солнечной энергии. Это была солнечная печь, а спустя чуть более 70 лет, в 1839 году Эдмонд Беккерель наблюдал фотогальванический эффект, который заключается в создании разности потенциалов при воздействии солнечного света на вещество. Следующее важное достижение случилось в 1873 году, ученый Уиллоуби Смит обнаружил, что селен способен

собирать энергию солнца и эту энергию можно преобразовать в электричество [1]. Так началось развитие солнечной электроэнергетики, результаты которой мы можем наблюдать.

Энергия солнца получила широкое развитие в 2000-х годах в странах Европы, когда они стали стремиться к снижению роли углеводородов в производстве электроэнергии и уменьшению выбросов парниковых газов. С этих пор стоимость строительства солнечных панелей падает, а их эффективность растет. К 2011 году на солнечных электростанциях было выработано 61,2 млрд. кВтч электроэнергии, что в свою очередь, составило 0,28% от общего объёма производства электроэнергии в мире, столько же вырабатывает половина гидроэлектростанций в России. Все фотоэлектрические станции сосредоточены в основном в малом количестве стран, так к 2012 году всего 7 стран обладали основной суммарной мощностью, которая составляла 80 %. В странах Европы сосредоточено 68 % мировых установленных мощностей [2].

Для преобразования солнечной энергии в тепловую или электрическую используют солнечные электростанции. Все солнечные электростанции, которые производят энергию в промышленных масштабах, делятся на шесть основных видов.

Начнём с электростанций башенного типа, её принцип работы заключается в том, что в центре конструкции расположена башня, которая имеет на вершине ёмкость с жидкостью, покрашенной в черный цвет для лучшего поглощения солнечной радиации, вокруг башни расположены гелиостаты, роль которых заключается в том, что они направляют солнечное излучение прямо на ёмкость с жидкостью, в результате образуется пар температурой более 500°C, который вращает турбину. Примером такой электростанции является построенная в Израиле в 2017 году электростанция, мощность которой достигает более 121 МВт [2].

Перейдём к тарельчатым электростанциям, их принцип действия схож с башенными, но отличается конструктивно. В данном виде используются модули, параболическая зеркальная установка включает в себя отражатель, состоящий из множества зеркал, и приемник, в котором вода превращается в пар, который в свою очередь вращает турбину и вырабатывает энергию.

Почти на таком же принципе работают параболоцилиндрические концентраторные солнечные электростанции, только в качестве отражателя используется зеркало в форме параболического цилиндра длиной до 50 м.

Перейдём теперь к фотоэлектрическим электростанциям, принцип действия которых отличается от принципа работы выше перечисленных электростанций. Здесь солнечная энергия преобразуется в электрическую за счет фотоэлектрического генератора, который состоит из двух слоёв полупроводниковых

материалов. Данный тип станций очень популярен и распространён во всем мире.

Пятым видом являются солнечно-вакуумные электростанции. Принцип их действия основывается на потоке воздуха, который возникает вследствие перепада температур. Данный тип станций является самым экологически чистым.

В заключение, последний вид станций – это комбинируемый. Это те станции, где к теплообменникам подключают коммуникации горячего водоснабжения, отопления, в общем, нагревают воду для различных нужд. К комбинированным станциям относятся и совмещенные решения, когда параллельно солнечным батареям работают концентраторы [2].

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что, конечно, у солнечных электростанций есть минусы, такие как высокая стоимость строительства, зависимость от погоды и большая площадь, занимаемая под электростанции промышленного масштаба, но всё же, вследствие бесспорных плюсов, таких как использование возобновляемых энергоресурсов, экологическая чистота и безопасность, данный вид станций широко используется в мире и, как видно из рисунка 1, с каждым годом установленная мощность солнечной энергетики растёт, а сами электростанции модернизируются и улучшаются.



Рисунок 1. Глобальное производство солнечной энергии

### Список литературы:

1. Restwisdom. Краткая история развития солнечной энергетики//[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://golos.blog/ru--tekhnologii/@restwisdom/kratkaya-istoriya-razvitiya-solnechnoi-energetiki>(Дата доступа 03.03.2018).



2. Типы солнечных электростанций // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ElectricalSchool.info/energy/1733-tipy-solnechnykh-jelektrostancijj.htm> (Дата доступа 03.03.2018).

## **ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

**Яшников Дмитрий Андреевич,**  
электромонтер СЭЛЭП ПАО «ФСК ЕЭС» Ленинградское ПМЭС,  
Ленинградская область, г. Санкт-Петербург

### **REVIEW OF MODERN TECHNOLOGIES IN ENERGY**

***Аннотация:** В статье приведены варианты современных технологий, которые позволяют получить более дешевую энергию из возобновляемых источников без вреда для окружающей среды.*

***Ключевые слова:** Энергетика, технологии, фрекинг, биотопливо, микроорганизмы, осмостанция.*

***Abstract:** The article presents options of modern technology that allow you to get cheaper energy from renewable sources without harming the environment.*

***Keywords:** Energy, technology, fracking, biofuels, microorganisms, atmostonce.*

Энергетика является одной из областей экономики, в которой инновации внедряются с высокой интенсивностью. Именно получение более дешевой энергии из возобновляемых источников без ущерба окружающей среде способно дать новый толчок в развитии бизнеса в разных отраслях промышленности. Современные технологии в энергетике способны менять развитие традиционных отраслей промышленности: автомобилестроения, нефтегазовой добычи и переработки, металлургии, авиационной и железнодорожной промышленности. Кроме этого более дешевые виды электроэнергии могут качественно улучшить условия жизни человека.

Разные страны развитого мира активно проводят работу по внедрению новейших инноваций в свою энергетику. В качестве альтернативных источников используются: солнечный свет; ветер; ударная сила волны; живые микроорганизмы, из которых изготавливают биотопливо и субстраты, уничтожающие нефтяные и химические загрязнения окружающей среды.

Самыми инновационными видами современных технологий в энергетике являются:

– фрекинг, который использует силу ударной волны для добычи полезных ископаемых, в том числе и нефти;

- повышение нефтеотдачи от старых месторождений;
- методика использования бактерий для уничтожения нефтяных пятен на воде и на земле;
- использование вместо бензина биотоплива в городских автомобилях.

Использование силы ударной волны при добыче нефти и газа способно совершить настоящую революцию в нефтедобыче. Такие современные технологии в энергетике способны переориентировать добычу нефти традиционным способом на получение ее из сланцевых слоев. Использовать силу взрывной волны для разрыва сланцевых пластов, залегающих на большой глубине, впервые предложила индийская нефтедобывающая компания. Такая технология позволила существенно сократить расходы на добычу, полностью устранив из технологического процесса воду. Традиционная технология гидроразрыва пластов требовала использования большого количества воды. В условиях экономии пресной воды, как самого необходимого условия для жизни, технология фрекинга позволяет отказаться от использования пресной воды в технических целях, что существенно улучшает состояние окружающей среды, снижая уровень ее загрязнения [4].

Повышение извлечения нефти из старых скважин позволяет сократить издержки отрасли и улучшить сохранность окружающей среды. Использование технологии третичной обработки пластов дает возможность делать старые скважины рентабельными. В этой технологии используется углекислый газ, который позволяет увеличить скорость нефтяного потока и снижает уровень его вязкости. Для технологии данного типа можно использовать промышленный углекислый газ, что позволяет улучшить состояние воздуха в городах [5].

Бактерии могут безопасно удалять нефтяные разливы на море, сохраняя, таким образом, живой мир океана и сокращая расходы на очистку морей традиционным способом. Микроорганизмы, которые удаляют нефтяные пятна с помощью природного окисления можно использовать в разных мировых регионах для очищения морей от нефтяного загрязнения [2].

Использование биотоплива поможет сделать города более чистыми и сократит расходы на производство бензина, так как для его производства обычно используется очень дешевое легко возобновляемое сырье [3].

Активно применяются сегодня и другие виды инноваций, такие как энергия ветра и солнца, которая перерабатывается специальным способом в электричество. Такие современные технологии в энергетике уже активно применяются в ряде европейских стран: Германии, Швеции, Голландии, Италии, Испании.

Активно используются и технология тепловых насосов, которая была известна еще сто лет назад. Такой способ трансформации низких температур в тепловую энергию способен существенно снизить затраты на отопление жилых и промышленных сооружений.

В промышленности используются с недавнего времени технологии сжиженных углеводородов, которые заменяют дизельное топливо. Это позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды в промышленных объемах и обеспечивает оптимизацию расходов предприятия. На сегодняшний день топливо из сжиженных углеводородов прошло испытание и на практике доказало свою эффективность.

Еще одна успешно внедряемая в жизнь современная технология в энергетике – это использование светодиодных ламп, которые позволяют сократить потребление электричества и расходы на освещение.

К перспективным направлениям относятся осмостанции, которые используют для получения электроэнергии соленую морскую воду. В основе технологии лежит осмос-эффект, который используется деревьями для получения питательных соков из земли. Использование разницы давления пресной и соленой воды на электростанциях создает осмос эффект, который заставляет вращать турбины и вырабатывать электричество. Это гораздо дешевле, чем строительство гидроэлектростанций. [6].

#### **Список литературы:**

1. <http://zeleneet.com/sovremennye-texnologii-v-energetike-dlya-razvitiya-ekonomiki-biznesa-i-innovacij/33940/>.
2. [www.rbc.ru/tyumen/15/09/2016/57da74689a79478dddb4c6eb](http://www.rbc.ru/tyumen/15/09/2016/57da74689a79478dddb4c6eb)
3. <http://batsol.ru/vidy-i-tipy-biotopliva.html>.
4. [neftegaz.ru/science/view/223-Udarno-volnovaya-tehnologiya-intensifikatsii-dobychi-nefti-i-gaza](http://neftegaz.ru/science/view/223-Udarno-volnovaya-tehnologiya-intensifikatsii-dobychi-nefti-i-gaza).
5. [ru.wikipedia.org/wiki/Третичный\\_метод\\_нефтедобычи](http://ru.wikipedia.org/wiki/Третичный_метод_нефтедобычи).
6. [ru.wikipedia.org/wiki/Осмос](http://ru.wikipedia.org/wiki/Осмос).

### РАЗДЕЛ 3. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

---

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ СЖАТОГО ВОЗДУХА ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Абдрахимов Рим Булатович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Ануфриенко Ольга Сергеевна**

кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

#### DESIGNING COMPRESSED STATION OF COMPRESSED AIR FOR METALLURGICAL ENTERPRISE

**Аннотация:** В статье выполнено исследование по составу систем воздухоснабжения металлургического предприятия. Приводятся рекомендации по вопросам выбора схем и проектирования компрессорных станций.

**Ключевые слова:** воздушные компрессорные установки, энергетическое хозяйство металлургических предприятий.

**Abstract:** The article deals with the composition of air supply systems for a metallurgical enterprise. The recommendations on the choice of schemes and design of compressor stations are given.

**Key words:** air compressors, energy economy metallurgical enterprises.

На металлургических предприятиях воздушные компрессорные установки являются важной частью энергетического производства. При этом воздушные компрессоры составляют свыше 80% общего количества всего разнообразия. Решающим фактором среди прочих тут выступает простота процесса производства сжатого воздуха. Транспортировка воздуха не вызывает технических сложностей у предприятия, но с экономической точки зрения всё обстоит иначе. Затраты на выработку и транспортировку компрессионного воздуха во многих отраслях составляет от 15% до 30% от стоимости выпускаемой продукции.

Кроме того, опыт эксплуатации машин на металлургических предприятиях Восточного Оренбуржья выявил общие недостатки: мощность компрессорных станций, ориентированная на крупные производства, в данном моменте времени избыточна; компрессорные станции, оснащены устаревшим оборудованием; сложное хозяйство компрессорных станций требует больших затрат на содержание эксплуатационного персонала, ремонтного оборудования и административного персонала и есть необходимость в приобретении запасных частей для машин, которые уже сняты с производства; системы воздухопроводов громоздки, с внесением поправок к проектам на предприятиях имеют «тупиковые» участки и сети, где образуется влага, а зимой – обмерзание, что не только портит оборудование, но и приводит к большим утечкам; отсутствует контроль за распределением и потреблением компрессионного воздуха; отсутствуют эффективные способы регулирования воздухопроводами. Чаще всего отключают и выключают компрессор, в результате чего теряется до 50% выработанного воздуха; системы снабжения предприятия сжатым компрессором воздуха часто производится с центральной компрессорной станции, с удалением потребителя на несколько километров, что создает утечки и конденсатные пробки.

В основном техническое состояние неудовлетворительно, а стоимость сжатого воздуха высокая.

В связи с вышеизложенным, использование передовых технологий транспортировки и проектирования самого компрессионного узла кислородного цеха повышает эффективность производства.

В металлургии сжатый воздух используется для: производства кислорода, азота, дутья в металлургии; обеспечения работы пневмоинструмента и пневмоприводов; технологии сжигания топлива; транспортных систем; рабочей среды контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИП и А).

Сжатый воздух при этом выступает как:

- часть технологического процесса: рабочая среда для совершения механической работы;
- химический окислитель или теплоноситель для нагрева или охлаждения газов и жидкостей;
- энергоноситель.

Компрессор проектируется для системы воздуховоснабжения цеха локально, радиально или для кольцевой схемы всего предприятия.

Система воздуховоснабжения включает совокупность машин и технических устройств, предназначенных для выработки сжатого воздуха и доставки его потребителям.

Основными элементами системы воздуховоснабжения являются:

- компрессорные машины;
- воздухопроводы;
- устройства подготовки воздуха;
- система контроля и управления.

Основной группой характеристик для проектирования и выбора компрессоров и схемы воздуходобывания являются: назначение компримированного воздуха; объем потребления сжатого воздуха; режим потребления сжатого воздуха; требуемый уровень автоматизации.

Рассмотрим вопрос выработки сжатого воздуха на металлургическом предприятии, учитывая тот факт, что компрессионный воздух является общедоступным источником, как сырьевым, так и энергетическим. Выработку сжатого воздуха на металлургическом предприятии полного цикла следует осуществлять двумя компрессорными станциями: центральной компрессорной станцией – ЦКС и компрессорной станцией прокатных цехов – КСПЦ. Небольшая часть сжатого воздуха должна поступать непосредственно из кислородно-компрессорного цеха (ККЦ), где следует установить компрессор, работающий в основном на внешнюю сеть воздухопроводов и подключающийся к системе производства кислорода в случае остановки или ремонта основных компрессоров ККЦ. Это позволит обеспечивать сжатым воздухом цеха в периоды повышенных нагрузок, а также производить ремонты на компрессорных станциях. Основное оборудование ЦКС, как правило, состоит из трех компрессоров. При этом в работе могут находиться 2-3 компрессора.

В режиме постоянной работы должен находиться один компрессор, работающий на отдельную сеть с выходным давлением воздуха 6 атм. Потребителями этого воздуха являются: литейно-прокатный цех (ЛПЦ-1), механический цех, фасонолитейный цех (ФЛЦ), мартеновский цех, цех ремонта электрооборудования (ЦРЭЛО) и другие. Остальные компрессоры работают в сеть с пониженным давлением 4 – 4,5 атм. Основное оборудование компрессорной станции прокатных цехов (КСПЦ) состоит из 4-х компрессоров. Обычно в работе находятся 3 – 4 компрессора с выходным давлением 4 – 4,5 атм [1]. Основными потребителями этого воздуха будут прокатные цеха – сортопрокатный цех (СПЦ), ЛПЦ-1, ЛПЦ-2, обжимной цех (ОБЦ), ЭСПЦ. Исходными данными для технического задания по проектированию КС служит ряд показателей: производительность  $V = 3320 \text{ м}^3/\text{мин.}$ ; давление на входе  $P_H = 0,1 \text{ МПа}$ ; температура на входе  $T_H = 293 \text{ ОК}$ ; давление на выходе  $P_K = 0,55 \text{ МПа}$ ; частота вращения  $n=3000 \text{ об/мин.}$  Число ступеней компрессора  $Z=3$ .

Анализ научной литературы по различным вариантам схем воздуходобывания и опыт проектирования показывает целесообразность использования на металлургических предприятиях радиальное расположение компрессорных

станций с высокопроизводительными центробежными машинами для сжатия воздуха [1].

**Список литературы:**

1. Ледаков, Б. Г. Тепловые и конструктивные расчеты компрессорных машин: учебник / Б. Г. Ледаков, М. В. Самойлов. – Л. : «Машиностроение», 1989. – 356 с. - ISBN 5-283 -0167-6.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА И ВЫБОРА  
ОБОРУДОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ  
МИНИ-ТЭЦ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Ануфриенко Ольга Сергеевна**

кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Оренбургская область, г. Орск.

**METHODOLOGICAL BASIS OF CALCULATION AND SELECTION  
OF EQUIPMENT FOR COGENERATION PLANTS FOR MINI-TEC OF  
INDUSTRIAL ENTERPRISES**

***Аннотация:** В статье приведён пример расчёта и выбора основного оборудования когенерационной установки для промышленного предприятия.*

***Ключевые слова:** когенерационная установка, мини-ТЭЦ, выбор основного оборудования, расчёт.*

***Abstract:** The article gives an example of calculation and selection of the main equipment of a cogeneration plant for an industrial enterprise.*

***Key words:** cogeneration plant, mini-thermal power plant, selection of equipment, calculation.*

В случаях децентрализации системы энергоснабжения возможно использование когенерационных установок [1].

Рассмотрим пример расчёта основных параметров такой установки, по которым выполним выбор основного оборудования мини-ТЭЦ промышленного предприятия.

Часовой расход тепловой энергии  $Q_{\text{час}}$ , кВт составит:

$$Q_{\text{час}} = \frac{Q_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{т}}}{\eta_{\text{э}}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{т}}$ , кВт – теоретический расход тепловой энергии,

$Q_T = 3916$  кВт для одной когенерационной установки;

$\eta_T$  – КПД топливопотребляющих установок при использовании газа,

$\eta_T = 44,77 \%$ ;

$\eta_э$  – электрический КПД когенерационной установки,

$\eta_э = 41,95\%$ .

$$Q_{\text{час}} = \frac{3916 \cdot 44,77}{41,95} = 4179,25 \text{ кВт}$$

График работы двух мини – ТЭЦ непрерывный – 365 дней в году. Учитывая, что в сутках 24 часа, годовой расход тепла для двух мини – ТЭЦ составит:

$$Q_{\text{год}} = 2 \cdot 3,5948 \cdot 24 \cdot 365 = 62980,896 \text{ Гкал/год.}$$

Расчёт годовой потребности газа  $V_{\text{нат/год}}$ , млн.н.м производим по формуле:

$$V_{\text{нат/год}} = \frac{Q_{\text{год}}}{Q_H^P} \cdot \eta, \quad (2)$$

где  $Q_H^P$  – низшая теплотворная способность газа,

$$Q_H^P = 8250 \text{ Ккал/н.м} ;$$

$\eta$  – КПД топливопотребляющих установок при использовании газа.

Тогда:

$$V_{\text{нат/год}} = \frac{62980,896}{8250} \cdot 0,4477 = 17,584 \text{ млн.н.м}^3$$

Расчёт потребности топлива в условных единицах  $V_{\text{усл/год}}$ , тыс.т.у.т. в год:

$$V_{\text{усл/год}} = \frac{Q_{\text{общ/год}}}{Q_{\text{н.у.т.}}} \cdot \eta, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{н}}$  – теплотворная способность условного топлива 7000 Ккал / кг.у.т.

$$V_{\text{усл/год}} = 62980,896 / 7000 \cdot 0,4477 = 20,096651 = 20,1 \text{ тыс.т.у.т. в год}$$

Часовой расход природного газа для одной установки  $V_{\text{н.м}^3/\text{час}}$ , равен:

$$V_{\text{н.м}^3/\text{час}} = \frac{Q_{\text{час}}}{Q_H} \cdot 10^6 \cdot \eta, \quad (4)$$

$$V_{\text{н.м}^3/\text{час}} = 3,5948 \cdot 10 / 8250 \cdot 0,4477 = 1003,685 \text{ н. м}^3 / \text{час}$$



Часовой расход природного газа для двух установок  $V$ , н.м / час, равен 2007,37 н. м / час

Расчёт расхода условного топлива на выработку 1 Гкал тепла  $Q_{y.t.}$ , кг. у. т / Гкал

$$Q_{y.t.} = \frac{20096651}{62980,896} = 319,09 \text{ кг. у. т/Гкал} \quad (5)$$

$$Q_{y.t.} = \frac{20096651}{62980,896} = 319,09 \text{ кг. у. т/Гкал}$$

Годовая потребность в тепле на выработку электроэнергии  $Q_{уд}$ , Гкал / кВт час составляет:

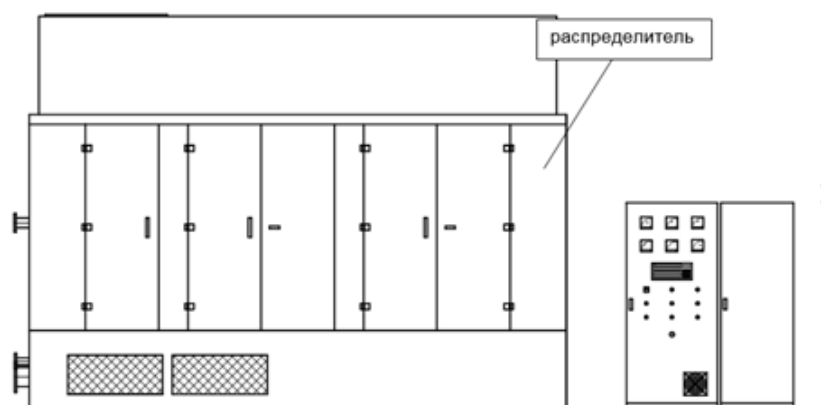
$$Q_{уд} = \frac{Q_{год}}{Q_{э.год}}, \quad (6)$$

где  $Q_{э.год}$  – электроэнергия, производимая мини-ТЭЦ за год, кВт.

$$Q_{уд} = \frac{62980,896}{686083,20} = 0,0917 \text{ Гкал / кВт час}$$

Пример выбора основного оборудования.

В соответствии с расчётными данными тепловой нагрузки предприятия и отсутствии паровой нагрузки к внедрению предлагается принять две когенерационные газопоршневые установки с двигателем DEUTZ, модель NCG 2032 V 16N., мощностью по 4000 кВт каждая. Исполнение – модульное, как показано на рисунке 1. Когенерационная установка в модульном исполнении предназначена для инсталляции в машинном помещении.



**Рисунок 1.** – Когенерационная установка модульного исполнения

В данном исполнении установка состоит из двух основных частей – модуля, двигатель-генератора и технологического модуля.

Распределитель поставляется как отдельно стоящий шкаф.

Модуль двигатель-генератор складывается из агрегата двигателя и генератора, расположенного на несущей раме.

Модуль двигатель-генератор можно закрыть противозумным кожухом и тем самым снизить шумность установки.

Технологический модуль содержит оборудование, необходимое для нормальной работы когенерационной установки.

Характеристики источника автономного теплоснабжения и электроснабжения: часовая выработка тепла для одной мини – ТЭЦ – 3,5948 Гкал/час; общая выработка тепла для двух мини – ТЭЦ – 7,1896 Гкал/час; часовой расход природного газа – 1003,685 н.м ,час; общий часовой расход газа для двух мини – ТЭЦ – 2007,37 н.м /час; годовая выработка тепла – 62980,896 Гкал/год; годовой расход природного газа – 17,584 млн.н.м /год; годовая потребность в топливе – 20,1 тыс. т.у.т./год.

Краткая характеристика одной когенерационной мини-ТЭЦ 4000.

Для одной установки: непрерывная выработка электроэнергии в соответствии с ISO 3046/DIN; 6271 (ICEN) – 4000 кВт; электрическая полезная мощность – 3916 кВт; общая рекуперация теплоты составляет – 4180 кВт = 3,594800 Гкал/час; тепловой КПД – 44,77 %; электрический КПД – 41,95 %; полный КПД установки – 86,72 %.

Характеристики газового двигателя: производительность – 4000 кВт при  $n = 1000$  об/мин; механическая полезная мощность равна  $P_{\text{мех}} = 9,6$  МВт при потреблении  $Q = 8250$  ккал/Нм на природном газе.

Ниже приведены характеристики трёхфазного синхронного генератора.

Трёхфазный синхронный генератор укомплектован автоматическим регулятором напряжения и автоматическим регулятором коэффициента мощности для

параллельной работы с внешней электроэнергетической системой. Генератор содержит главный внутренний электрод, возбудитель внешнего электрода и регулятор напряжения с подачей энергии от постоянного магнитного возбудителя. Активная мощность  $P_r = 3,884 \div 3,916$  МВт при  $\cos \varphi = 0,8 \div 1,0$ . Напряжение генератора  $U_r = 10,5$  кВ. Частота  $f = 50$  герц.

#### **Список литературы:**

1. Ануфриенко О. С. / Научно-методические основы проектирования когенерационной установки для децентрализованной системы энергоснабжения / Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки, культуры» 31 января – 02 февраля 2018 г. ОГУ.

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

**Баширова Елена Владимировна,**

кандидат педагогических наук, доцент, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Приймак Елена Юрьевна,**

кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

### **TECHNICAL MEASURES ON ENERGY SAVING AT AN ENGINEERING COMPANY**

***Аннотация:** В статье речь идет о рациональном использовании энергетических ресурсов на предприятии, что является важной составляющей снижения производственных издержек, получения дополнительной прибыли, завоевания большей доли рынка и решения социальных проблем.*

***Ключевые слова:** энергосбережение, энергетическая эффективность, энергоаудит.*

***Abstract:** The article deals with rational use of energy resources in the enterprise, which is an important component of reducing production costs, obtaining additional profit, winning a greater share of the market and solving social problems.*

***Key words:** energy saving, energy efficiency, energy audit.*

На развитие хозяйствующих субъектов в нашей стране существенное негативное влияние оказывает высокая доля энергетических затрат в издержках производства, которая на промышленных предприятиях составляет в среднем 8 – 12 % и имеет устойчивую тенденцию к росту в связи с большим моральным и физическим износом основного оборудования и значительными потерями при транспортировке энергетических ресурсов.

Одним из определяющих условий снижения издержек на промышленных предприятиях и повышения экономической эффективности производства в целом является рациональное использование энергетических ресурсов. Вместе с тем, энергосберегающий путь развития отечественной экономики возможен только при формировании и последующей реализации программ энергосбережения на отдельных предприятиях, для чего необходимо создание соответствующей методологической и методической базы. Откладывание реализации энергосберегающих мероприятий наносит значительный экономический ущерб предприятиям и негативно отражается на общей экологической и социально-экономической ситуации. Помимо этого, дальнейший рост издержек в промышленности и других отраслях народного хозяйства сопровождается растущим дефицитом финансовых ресурсов, что задерживает обновление производственной базы предприятий в соответствии с достижениями научно-технического прогресса [1].

Рациональное использование энергетических ресурсов на машиностроительном предприятии является важной составляющей снижения производственных издержек, и, следовательно, получения дополнительной прибыли, завоевания большей доли рынка и решения социальных проблем на основе:

- реализации процесса подготовки производства в соответствии с оптимальными режимами ввода основных средств в эксплуатацию;
- использования наиболее рентабельных производственных технологий;
- разработки, освоения и внедрения новой техники и технологий, в которых энергетические ресурсы используются более эффективно;
- улучшения социально-бытовой сферы для персонала машиностроительного предприятия и социального климата населения, проживающего на территории, закрепленной за соответствующим предприятием.

Вследствие этого, энергосбережение рассматривается не как бесцельная экономия энергетических ресурсов, проводимая зачастую за счет сокращения объема производства, а как фактор экономического роста, улучшения благосостояния населения, обеспечения соответствующей экологической и социально-бытовой обстановки. Таким образом, энергосбережение должно быть одним из приоритетных направлений экономической политики промышленного предприятия.

Анализ показал, что в рамках машиностроительного предприятия разрабатываются программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности по оказанию услуг по передаче электрической энергии, основными целями которых являются:

- повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в организации, реализация потенциала энергосбережения при оказании услуг передачи электрической энергии;
- перевод организации на энергосберегающий путь развития, уменьшение негативного воздействия на окружающую среду;
- сдерживание роста тарифа за счет экономии средств.

В процессе мониторинга машиностроительного предприятия были выявлены факторы, оказывающие влияние на энергоемкость по передаче электрической энергии:

### **1. Эксплуатация неэффективного оборудования, сопровождающего перерасходом электроэнергии и необходимостью проведения частых ремонтных работ.**

Отсутствие средств автоматического регулирования процессов работы оборудования приводит к перерасходу энергоресурсов. Из-за отсутствия 100% приборного учета электроэнергии на некоторых отходящих линиях и электроприемниках, невозможно получение фактических данных о параметрах их работы, а значит и своевременная организация мер по повышению эффективности функционирования, своевременное определение причин потерь электроэнергии при ее передаче. При 100%-ом оснащении приборами учета станет возможной оптимизация работы системы.

### **2. Износ электрических сетей.**

Высокая степень износа электрических сетей приводит к потерям в сетях и возникновению аварийных ситуаций.

В связи с этим, мероприятия по повышению энергетической эффективности предприятия были направлены на ремонт электросетей, ремонт и обновление вспомогательного оборудования. Они включали в себя:

- компенсацию реактивной составляющей электрической энергии;
- выравнивание электрической нагрузки по фазам;
- замену неэффективных источников света;
- установку интервальных коммерческих приборов учета электрической энергии на границе балансовой принадлежности электросетей;
- замену силовых трансформаторов на ТП-3 и ТП-5 на трансформаторы меньшей мощности;
- ремонт кабельных линий с испытаниями;

- энергоаудит организации;
- выравнивание электрической нагрузки по фазам;
- замену физически и морально устаревшего вспомогательного оборудования.

Основные источники финансирования мероприятий:

- собственные средства организации;
- инвестиционные ресурсы организации;
- средства производственных программ организации.

#### Список литературы:

1. Голуб, А. А. Экономические методы управления природопользованием. / А. А. Голуб, Е.Б. Струкова. – М.: Наука, 1993. – 136 с. – ISBN 5-02-012137-1.

## О КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Белянцева Наталья Валентиновна,**

старший преподаватель кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики,

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО

«Оренбургский государственный университет»,

Оренбургская область, г. Орск

## ON COMPENSATION OF REACTIVE POWER IN THE SYSTEMS OF ELECTRICAL SUPPLY OF ENTERPRISES

***Аннотация:** Компенсация реактивной мощности, в настоящее время, является немаловажным фактором, позволяющим решить вопрос энергосбережения практически на любом предприятии.*

***Abstract:** Compensation of reactive power, at present, is an important factor that allows to solve the issue of energy saving practically at any enterprise.*

***Ключевые слова:** компенсация реактивной мощности, система электроснабжения, энергосбережение, снижение нагрузки.*

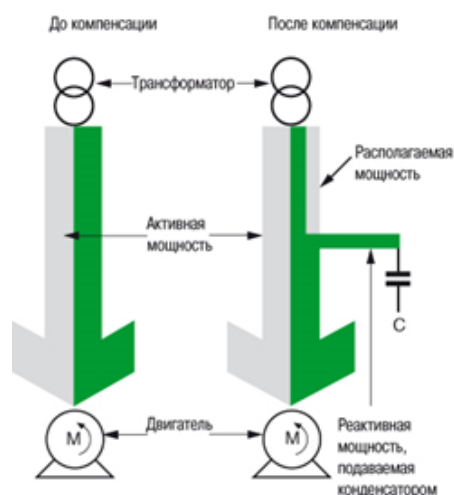
***Key words:** reactive power compensation, power supply system, energy saving, load reduction.*

Одной из важнейших задач развития энергетики России является разработка и построение рациональных систем электроснабжения. К этой задаче непосредственное отношение имеет рациональное решение вопросов компенсации реактивной мощности в данных системах электроснабжения. В настоящее время, с помощью средств для компенсации реактивной мощности, становится

возможным решить вопрос энергосбережения и снижения нагрузок в системе электроснабжения. Отечественные и ведущие зарубежные специалисты указывают, что доля энергоресурсов, и в частности электроэнергии, занимает все более значительную составляющую себестоимости продукции. Согласно Приказу Минпромэнерго РФ № 267 от 04.10.2005 реактивная мощность относится к техническим потерям на промышленных предприятиях и электрических сетях. Соответственно, необходимо серьезно относиться к анализу и аудиту энергопотребления на предприятиях и более тщательно подбирать средства компенсации реактивной мощности.

Компенсация реактивной мощности в своем развитии прошла несколько этапов. Ранее определялся оптимальный коэффициент активной мощности  $\cos\varphi$  для каждого предприятия; нормировалось минимальное значение этого коэффициента в зависимости от числа ступеней трансформации при передаче электроэнергии предприятию; определялась мощность компенсирующих устройств для электрических сетей напряжением 0,4 и 6(10) кВ, которая затем соответственно распределялась между остальными низковольтными распределительными пунктами (РП) и высоковольтными распределительными устройствами – вводами (РУ) цеховых трансформаторных подстанций. Однако такие решения задач компенсации реактивной мощности не отражали единого подхода с точки зрения энергетической системы в целом и в действительности не были оптимальными.

В настоящее время рассчитывается оптимальное значение коэффициента реактивной мощности  $\text{tg}\varphi$  системы электроснабжения промышленного предприятия с учетом параметров энергосистемы. Выбор мест установки и величины мощности компенсирующих устройств осуществляется по минимуму ежегодных расчетных затрат. Такой подход является более рациональным и оптимальным при решении задач компенсации реактивной мощности. При этом становится возможным определить закон регулирования мощности компенсирующих устройств при изменении электрических нагрузок (как активной, так и реактивной). Энергетическая диаграмма потребления активной и реактивной мощности электрическим двигателем до и после компенсации представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Энергетическая диаграмма потребления активной и реактивной мощности электрическим двигателем

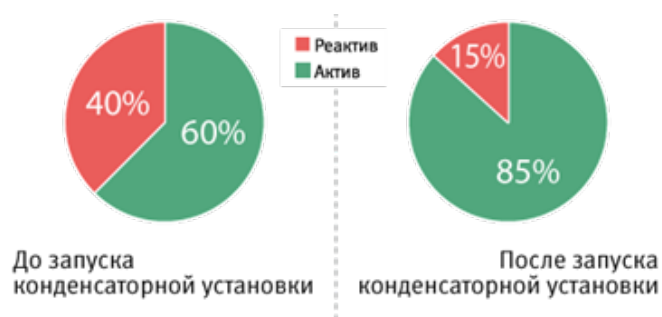
На промышленных предприятиях электрические сети по функциональным признакам работы электроустановок и средствам компенсации реактивной мощности (КРМ) подразделяют на сети общего назначения и сети со специфическими (несимметричными, нелинейными и резкопеременными) нагрузками.

В качестве средств компенсации реактивной мощности используют имеющиеся и дополнительно устанавливаемые компенсирующие устройства. К первым относятся воздушные и кабельные линии этих сетей, генераторы электростанций и синхронные электродвигатели, преобразовательные установки со специальным законом регулирования. Ко вторым относятся синхронные компенсаторы, батареи статических конденсаторов поперечного включения и другие.

В сетях со специфическими нагрузками, могут применяться специальные устройства – фильтрокомпенсирующие, симметрирующие и фильтросимметрирующие устройства динамической и статической компенсации реактивной мощности с быстродействующими системами управления и специальные быстродействующие синхронные компенсаторы.

Решение вопросов компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях, имеющих развитую систему электроснабжения, представляет определенную сложность. Существует несколько методов найти верное решение и получить энергосберегающий эффект. При этом должны учитываться второстепенные факторы (изменение уровней напряжения в отдельных точках схемы, коэффициента трансформаторов ГПП и т.п.), точный учет потерь реактивной мощности в трансформаторах ТП и другие данные. Как изменяется нагрузка на трансформаторы и электрическую сеть при использовании компенсирующих устройств представлено на рисунке 2.





**Рисунок 2.** Изменение нагрузки на трансформаторы и электрическую сеть при использовании компенсирующих устройств

В настоящее время разработаны программные продукты, позволяющие выполнить необходимый расчет компенсирующих устройств. При качественной оценке на стадии проектирования, когда еще невозможно учесть все второстепенные, но важные факторы, целесообразно применение упрощенных расчетных методов.

Первый из них основан на методе Лагранжа и позволяет вести расчеты с помощью формул, используя данные электрических нагрузок и параметров системы электроснабжения. Этот метод является относительно простым, более точным, дает возможность оценивать мощность компенсирующих устройств при изменении активной и реактивной нагрузок. Второй метод позволяет вести расчет по заданным электрическим нагрузкам, схеме электроснабжения и кривым зависимостей. Параметры системы электроснабжения (активные сопротивления линий, участков схемы) практически не учитываются. По второму методу становится возможным выбрать средства компенсации на промышленных предприятиях с большими потоками активной и реактивной мощностей.

При проектировании системы электроснабжения на промышленном предприятии одновременно с выбором со всеми элементами питающих и распределительных сетей необходимо выбрать компенсирующие устройства и их место расположения. Выполнение технических требований должно обеспечивать:

- 1) допустимый режим напряжения в питающей и распределительной сетях;
- 2) допустимые токовые нагрузки всех элементов сетей;
- 3) режим работы источников реактивной мощности в допустимых пределах;
- 4) необходимый резерв реактивной мощности в узлах сети;
- 5) статическую устойчивость работы сетей и электроприемников.

Следовательно, решение вопросов компенсации реактивной мощности остается важнейшей задачей энергосбережения на любом предприятии. При этом улучшатся показатели работы энергосистемы – уменьшится расход топлива, уменьшатся потери в подводящих сетях и приемниках, уменьшится падение напряжения в сетях, что приведет к снижению капитальных затрат на внешние и внутренние сети, вследствие уменьшения сечений проводов и кабелей.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**Биишев Марат Мидхатович**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### DESIGNING THE SYSTEM OF TURNOVER WATER SUPPLY OF SOURCE OF THERMAL ELECTRIC ENERGY

***Аннотация:** В статье приводятся результаты по исследованию состава системы оборотного водоснабжения источника тепловой и электрической энергии на этапе постановки задачи.*

***Ключевые слова:** система технического водоснабжения, энергетическое хозяйство источника.*

***Abstract:** The article presents the results of the investigation of the composition of the circulating water supply system of the source of thermal and electric energy at the stage of setting the problem.*

***Key words:** technical water supply system, energy economy source.*

Объектом исследования выбрано техническое водоснабжение ТЭС установленной мощности 2400 МВт. Система технического водоснабжения предназначена для обеспечения охлаждающей водой конденсаторов паровых турбин и подпитки других водных контуров электростанции. В котлотурбинном цехе установлено 8 энергоблоков. Система технического водоснабжения такой станции обычно прямоточная и состоит из следующих сооружений и элементов: береговая насосная станция первого подъёма; промежуточный канал (промбьеф); две береговых насосных второго подъёма; циркуляционные напорные водоводы; четыре закрытых самотечных циркуляционных канала; полигонный водослив; открытый отводящий канал; рыбозащитное устройство на всасе насосов БНС первого подъёма.

В качестве охлаждающей воды используется вода из близлежащего естественного или искусственного водохранилища. Система технического водоснабжения (СТВ), включающая водозабор, береговую насосную станцию первого подъёма, береговую насосную станцию второго подъёма, циркуляционные напорные водоводы и др., обеспечивает подачу охлаждающей воды на конденсаторы турбин энергоблоков и другие технические нужды электростанции. Подача воды в промбьеф осуществляется девятью насосами ОП2-145Э: подача 32400 м<sup>3</sup>/ч; напор 14 м.в.ст; частота вращения 365 об/мин. Подача воды в СТВ

ГРЭС осуществляется шестнадцатью насосами ОП5-110 КЭ с поворотными лопастями: подача – 19250 м<sup>3</sup>/ч; напор – 11 м.в.ст; частота вращения 485 об/мин. Состав системы технического водоснабжения станции с характеристиками приведён ниже [1]:

а) Нижний подводный канал. Нижний подводный канал длиной 590 п.м. предназначен для подачи воды с относительными низкими температурами (14-20°С) в глубинный водозабор, который примыкает к береговой станции первого подъема. Нижний подводный канал в подводной части выполнен без крепления дна и откосов. Ширина канала по дну – 40,0 м.

б) Глубинный водозабор. Глубинный водозабор представляет собой раструб, примыкающий к насосной станции первого подъема со стороны нижнего бьефа. Глубинный водозабор состоит из двух подпорных стенок из монолитного железобетона на отметке 220,5 м. Потолок из сборных железобетонных плит на отметке 226,5 м, опирается через систему балок на железобетонные колонны. На входе в глубинный водозабор установлен электрорыбозаградитель. Электроды рыбозаградителя изготовлены из стальных оцинкованных труб диаметром 0,6 – 0,85 м. Мощность рыбозаградителя составляет 95,5 кВт. Электрорыбозаградитель должен быть включен постоянно, даже в том случае, когда насосная станция работает в безнасосном режиме. Размеры глубинного водозабора: длина – 84,5 м; ширина со стороны нижнего подводного канала – 93,5 м; со стороны примыкания к насосной станции – 54,0 м.

в) Насосная станция первого подъема. Здание насосной станции первого подъема камерного типа выполнено из монолитного железобетона и разделено на две самостоятельные секции. Со стороны нижнего бьефа к щитовому отделению станции примыкает глубинный водозабор. Со стороны верхнего бьефа каждая секция береговой насосной станции сопрягается с двумя напорными железобетонными водоводами (по одной нитке на секцию) сечением 4х5 м. На береговой насосной станции первого подъема предусмотрено 9 насосов типа ОП-2-145Э, в первой секции 5 насосов, во второй 4 насоса. Максимальная производительность насосной станции при восьми агрегатах – 02400 м<sup>3</sup>/ч (84 м<sup>3</sup>/с). Диапазон рабочих напоров 6,35+16м (0,06+0,16МПа). При горизонте воды в водохранилище не ниже отметки 244,5 м циркуляционные насосы отключаются, а вода, самотеком, через открытые дисковые затворы поступает в аванкамеру к насосам второго подъема.

г) Промежуточный бьеф. С насосной станции первого подъема циркуляционная вода подается по двум напорным водоводам в открытый верхний подводный канал, шириной по дну 3,0 м, из которого поступает в аванкамеру. Из аванкамеры вода насосной станции второго подъема подается для технических, хозяйственных и противопожарных нужд источника. Минимальный расчетный уровень промежуточного бьефа определен по условиям безкавитационной

работы насосов второго подъема и равняется отметке 243,0 м. Максимальный уровень промежуточного бьефа определяет аварийный слив, заложенный по левому борту верхнего подводящего канала на отметке 249,0 м.

д) Блочные насосные станции второго подъема. Блочные насосные станции второго подъема выполнены закрытыми, из сборного железобетона и имеют размеры в плане 45,8x15,5 м. Каждая из двух насосных станций оборудованы восемью осевыми вертикальными насосами ОП5-110 КЭ с камерным подводом воды. Максимальная производительность восьми насосов 154800 м<sup>3</sup>/ч (43,0 м<sup>3</sup>/с). Диапазон рабочих напоров 5,6 – 11,6 м. Напорные циркуляционные водоводы между насосными станциями второго подъема и машзалом главного корпуса, сливные водоводы между машзалом и сливным колодцем закрытых отводящих каналов служат для подвода циркуляционной воды к конденсаторам и другим потребителям источника и сброса отработанной воды в закрытые отводящие каналы. Для обслуживания одного энергоблока мощностью 300 МВт предусмотрено два напорных и два сливных стальных водовода диаметром 1800 мм.

е) Закрытые самотечные циркуляционные каналы. Самотечные каналы расположены по ряду А главного корпуса и служат для отвода отработанной воды в открытый отводящий канал. Закрытые каналы уложены на отметке 242,3 м в четыре нитки – по одной на два энергоблока. Каждая нитка канала выполнена из сборных железобетонных элементов замкнутого контура с размером по сечению 4,6x3,5 м. Для каждой турбины ТЭС предусмотрен один сливной колодец, представляющий собой уширенную часть самотечного канала, в которую заделаны два конца сливных циркуляционных водовода. Перед каждым сливным колодцем на самотечных каналах выполнены шандорные колодцы, служащие для отключения любой части канала в случае его ремонта, осмотра, а также для распределения отработанной воды между нитками через переключающие колодцы.

ж) Полигонный водослив. Максимальная пропускная способность железобетонного канала – 302400 м<sup>3</sup>/ч (84 м<sup>3</sup>/с).

### **Список литературы:**

1. Анахов И.П. /Повышение эффективности эксплуатации систем оборотного водоснабжения ТЭС на основе удаления и предотвращения образования термо-барьерных отложений на трубных поверхностях конденсаторов/ И.П. Анахов/ Автореферат дисс. кандидата наук, изд. Санкт-Петербург, 2005 г, – 24 с. [Электронный ресурс], Режим доступа <http://www.dslib.net/jadern-energoustanovki/povyshenie-jeffektivnosti-jekspluatacii-sistem-oborotnogo-vodosnabzhenija-tjes-na.html>.

## **К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Блохин Алексей Александрович**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### **TO THE QUESTION OF ENERGY SAVING IN DESIGNING THE GAS SUPPLY SYSTEM OF A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE**

***Аннотация:** В статье приводятся результаты по исследованию состава системы оборотного водоснабжения источника тепловой и электрической энергии на этапе постановки задачи.*

***Ключевые слова:** система технического водоснабжения, энергетическое хозяйство источника.*

***Abstract:** The article presents the results of the investigation of the composition of the circulating water supply system of the source of thermal and electric energy at the stage of setting the problem.*

***Key words:***

Проектирование системы газоснабжения машиностроительного предприятия зависит от объектов потребления газа и часто именно от потребителя зависит её эффективность. С целью экономии топлива, анализу должны подлежать термические печи и цеха с использованием газовых инфракрасных излучателей. Так эффективность системы отопления печей напрямую отражается на эффективности системы газоснабжения предприятия [1]. Система отопления высокопроизводительных металлургических печей основана на использовании автоматизированных высокоскоростных горелок со встроенными рекуператорами производства ЗАО «Комас» (г. Апрелевка, Московская область). Скорость выхода продуктов горения из сопла горелки достигает 150 м/сек и обеспечивающих подогрев воздуха за счет рекуперации до 600°C при температуре рабочего пространства печи 1300°C. Такой высокий уровень подогрева воздуха для горения газа обеспечивается за счет непосредственной передачи тепла от продуктов горения в самом корпусе горелки. Горелки снабжены системой автоматического розжига и контроля наличия факела (быстродействующий отсечной клапан, блок управления горелкой, электрод розжига, контрольный электрод). Газ и воздух поступают в горелку холодными и смешиваются в корпусе горелки по ступенчатому принципу. Камера смешивания, в которой

происходит горение газа, выполнена из специальной керамики. Высокотемпературная струя выходит из носика горелки со скоростью 150 м/с, что обеспечивает интенсивную циркуляцию продуктов горения в свободном объеме рабочего пространства печи. За счет интенсивной циркуляции продуктов горения в рабочем пространстве печи достигается высокая равномерность нагрева садки при условии достаточной её газопроницаемости. Длительность температурной выдержки задается в соответствии с массой садки, уровнем температуры печи и особенностями технологического режима. Горелки размещаются на обеих боковых стенах печи. Конструкция рекуперативной горелки имеет встроенный в горелку рекуператор-теплообменник. Дымовые газы, отработавшие в рабочем пространстве, удаляются из печи через саму горелку с помощью специальной эжекторной системы, смонтированной на каждой горелке и соединенной с общим дымопроводом, а воздух, идущий на горение, нагревается, охлаждая отходящие газы (рисунок 1). Очередность включения горелок определяется заданным режимом термообработки, заданной температурой нагрева и объёмов нагрева слитков, который выбирается оператором на дисплее шкафа управления. Печь оборудуется одним общим газопроводом и одним общим воздухопроводом, от которых идут соединения с горелками. Для подачи воздуха на печь устанавливается вентилятор высокого давления. Мощность двигателя вентилятора регулируется с помощью частотного преобразователя (ЧП). ЧП служит также для снижения шума.

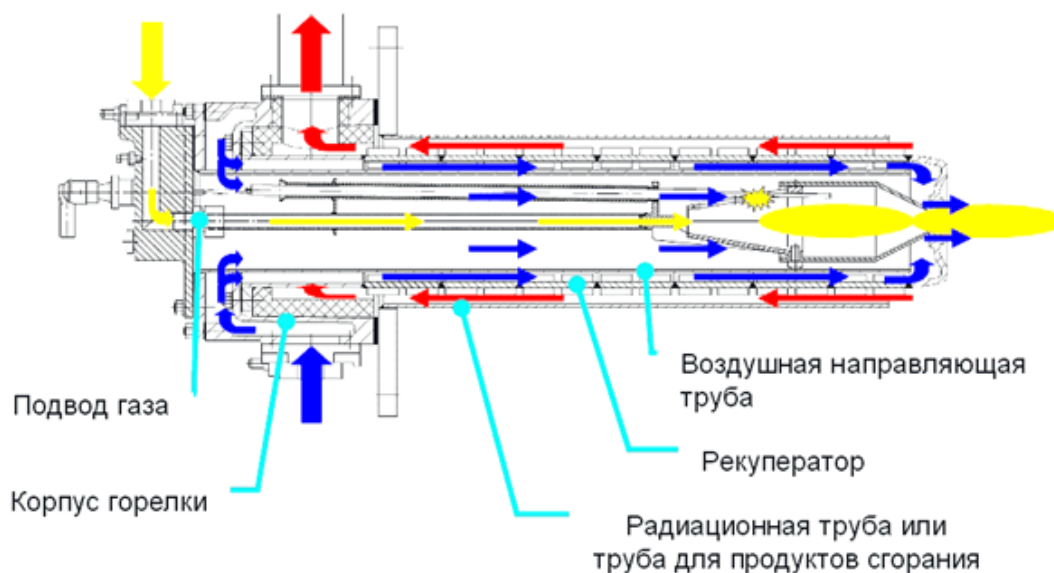


Рисунок 1. Схема работы рекуперативной горелки

Дымоудаление осуществляется новым надземным дымоходом, затем в новую дымовую трубу. Дымовой тракт оснащается шибером с исполнительным механизмом, осуществляющим регулирование давления в печи. Печь может

быть разделена группой горелок на любое количество тепловых зон, каждая из которых управляется своей термопарой. Таким образом, все тепловые зоны печи являются виртуальными. Основные преимущества предложенной системы:

- система сгорания топлива на базе высокоскоростных горелок со встроенными теплообменниками (рекуператорами), обеспечивает интенсивную циркуляцию продуктов сгорания во всем объеме печи и, следовательно, равномерный нагрев металла;

- рекуперативные горелки, обеспечивающие высокотемпературный подогрев воздуха, подаваемого на горение, позволяют экономить до 78% топлива по сравнению с горелками, работающими на холодном воздухе;

- в системе отопления отпадает необходимость в строительстве сложной системы разводки газа, воздуха и дымоудаления;

- в связи с наличием в корпусе каждой горелки индивидуального рекуператора, отпадает необходимость в дорогостоящем, отдельно стоящем рекуператоре и в бортовой системе, что значительно экономит средства и производственные площади.

Экономия газа возможна и за счёт повышенной теплоизоляции печи.

Футеровка печей представляет собой защитную облицовку, которая предохраняет стены и свод промышленной печи от воздействия высоких температур. Для обеспечения требуемой огнестойкости, материал футеровки должен отличаться высокими техническими показателями. Футеровка рабочего пространства печи (стен, свода, заслонки) производится современными легковесными керамоволокнистыми малоинерционными огнеупорными материалами марки LYTX 1427Z в форме модульного блока с плотностью до 200 кг/м<sup>3</sup>.

Герметизации должен подлежать и механизм подъема затвора.

Для герметизации низа печи предусматривается специальный прижимной затвор с муллито-кремниземистой ватой. Затвор устанавливается на кронштейны по периметру выкатного пода и движется вместе с ним. После закатки выкатного пода электромеханический привод поднимает затвор, происходит уплотнение периметра печи. Конечные положения затвора должны фиксироваться датчиками.

Вышеуказанные мероприятия позволят повысить надежность и экономичность работы системы газоснабжения предприятия.

### **Список литературы:**

1. Сурин-Шур, Б. А. Режим потребления газа промышленными предприятиями Сп-б. 1973. – 405 с.
2. Комина, Г. П. Энергосбережение и экономия энергоресурсов в системах ТГС / В.А Яковлев. – 2009. – 133с.

## АНАЛИЗ РИСКОВ СИСТЕМ РЕЗЕРВНОГО ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЯ

**Брындин Дмитрий Александрович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### ANALYSIS OF RISKS OF RESERVE FUEL SYSTEMS

***Аннотация:** В статье приводятся исследования по анализу рисков систем резервного топливоснабжения ТЭС, связанных с конструктивными и технологическими ошибками при проектировании и эксплуатации.*

***Ключевые слова:** система резервного топливоснабжения, мазутное хозяйство источника.*

***Abstract:** The article contains studies on the analysis of risks of the systems of reserve fuel supply of TPPs associated with design and technological errors in the design and operation.*

***Key words:** reserve fuel supply system, a black oil economy source.*

ТЭС и ГРЭС в качестве резервного топлива, как правило, имеют мазут, который размещают в наружных резервуарах. На территории России все аварийные случаи регистрируются. Из всех типов аварий 94% связано с авариями наземных резервуаров, причём примерно 31% резервуаров хранили сырую нефть, 54% – бензин, оставшиеся 9% – содержали нефтепродукты, такие, как мазут и дизельное топливо, которые и представляют обычно резервное для 95% ТЭС. Опыт исследования аварийных ситуаций показал, что на долю резервуаров РВС – 5000 приходится 61 % пожаров, а на долю резервуаров большей емкости (РВС-10000, РВС-20000) – 39%.

#### **Примеры аварий на мазутных хозяйствах.**

Количество резервуаров, подвергшиеся пожарам с 1970г. по 1994 зарегистрировано 245. Анализ причин самовозгорания хранилищ, позволил систематизировать причины: ремонтные и огневые работы вызвали 23,8% несчастных случаев; неисправность электроустановок, искры произвели 14,4% взрывов резервуаров и сгорание топлива; по причине отсутствия молниеотводов 9,0% крупных пожаров; от накопления статического электричества возникло 9,5% возгораний мазута в наружных резервуарах.

В 1994 году на перевалочной станции в п. Змиевка Орловской области по причине самовозгорания сухой травы возник пожар, результатом которого была насосная станция и две ёмкости, содержащие по 60 т. мазута. В 1999



году произошла авария на Грозненском НПЗ в результате несоблюдения правил технической безопасности при эксплуатации мазута частными нефтеперерабатывающими установками мелких фирмам. Взорвались резервуары с 1000 т. мазута. Часть мазута попала в воды реки Сунжа. Анализ аварии указал на неисправность электропроводки. Третья часть пожаров возникла не по причине человека, но их тоже можно было предотвратить вовремя. Речь идёт о случаях самовозгорания пиррофорных отложений. В остальных случаях отмечалось неосторожное обращение с огнём и специальных поджогов. Статистика также отмечает, что в 5% обнаружить явную точную причину самовозгорания не удалось, но они так или иначе классифицировались как нарушение правил технологической эксплуатации. Так, например, в 4-х случаях резервуары оказались повреждёнными коррозией. В некоторых – отмечался фактор загазованности зоны расположения ёмкостей. Взрывы и пожары насосных станций, перекачивающих мазут, почти всегда происходили по причине коррозии трубопроводов. В 2005 году пожары по причине коррозии металлов составили 21%, брак строительномонтажных работ – 21%, дефекты труб и оборудования – 14%, механические повреждения – 19%, («Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях» 2006 г, выпуск 4, с 10, Государственный доклад о защите населения и территории РФ от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера). Исследование комплекса условий, способствующих авариям, показал, что характерной особенностью процесса приёма мазута из цистерн, прибывающих по железной дороге в приёмные стационарные железобетонные резервуары является отсутствие полной герметичности слива. Наиболее вероятны аварии на участках маневрирования – случаи схода цистерн с рельсов, столкновение цистерн. Железобетонные, наземные, обвалованные резервуары мазутохранилища являются источником повышенной опасности из-за значительных объёмов хранящегося в них мазута (82000 т) при температуре от 40 до 80о С. Исследование железобетонных конструкций позволило в некоторых из них обнаружить свои дефекты как конструктивного, так и строительномонтажного характера, способствующие утечке мазута. Но это никак не облегчает поиск решения вопроса, поскольку к таким резервуарам затруднён доступ. Конструкция их затрудняет доступ ко всем поверхностям и не позволяет устранить причину утечки мазута. С наружной стороны они обвалованы, а изнутри стенок и стыков днища – замазучены. Причинами разгерметизации резервуаров являются: конструктивные недоработки в проекте; нарушение технологии сборки и проектных решений при производстве строительномонтажных работ; неверность действий обслуживающего и ремонтного персонала по причине неосведомлённости или связанные с нарушениями технологической дисциплины при эксплуатации и ремонте. Конструктивными недоработками в проектах становятся жесткое замоноличивание всех потенциально опасных технологи-

ческих трубопроводов по стенкам ёмкостей без учёта температурных сжатий и расширений при смене температурных режимов, отсутствие компенсаторов температурных линейных изменений длины. Конструкция резервуара может также быть неверно рассчитана и собрана, не иметь резерва на температурные расширения. Замоноличивание стыков днища и боковых стенок, отсутствие учета расширения мазута являются причиной 50% утечек и пожаров на ТЭС и ГРЭС. Иногда выявлялась неверная последовательность сборки резервуара, несоблюдение технологии торкретирования (уменьшение толщины торкретного слоя, не соблюдение рецептуры торкрет-бетона, несоблюдение непрерывности процесса торкретирования, несоблюдение температурного режима торкретирования особенно в холодное время года вследствие чего торкретный слой разрушается, а оголённая армирующая проволока подвергается коррозии); несоблюдение сроков технического диагностирования [1]. Мазутопроводы от насосной до котлотурбинного корпуса являются источником повышенной опасности из-за большого количества сварных стыков и фланцевых соединений запорной, регулирующей и предохранительной арматуры, а также значительных объёмов веществ, перемещаемых по ним. Причины выхода трубопроводов из строя могут быть следующие: внутренняя и внешняя коррозия; внешнее механическое воздействие; температурная деформация; остаточные напряжения в материале трубопроводов в сочетании с напряжениями, возникающими при монтаже или ремонте; гидравлический удар; вибрация трубопроводов; не соответствие материала трубопровода проектному; некачественный ремонт; аварийная остановка насосов. Отечественная и зарубежная статистика о случаях утечек из трубопроводов свидетельствует о том, что, как правило, многие из них незначительны, и при своевременно принятых мерах не приводят к серьёзным последствиям. Однако при несвоевременной локализации незначительная утечка может привести к дальнейшему развитию аварии и вызвать аварии на смежных участках технологической цепочки [2]. При проектировании и эксплуатации систем резервного теплоснабжения следует учитывать отмеченные факторы рисков.

### **Список литературы:**

1. Сурин-Шур Б. А. Режим потребления газа промышленными предприятиями. – СПб, 1973 г. – 405 с.
2. Комина, Г.П. Энергосбережение и экономия энергоресурсов в системах ТГС: учеб. пособие для выполнения курсовой работы для студентов специальности 270109 – теплогазоснабжение и вентиляция / Г.П. Комина, В.А Яковлев. – СПб., 2009. – 133 с. ISBN 978-5-9227-0160-0.

## ЭНЕРГОАУДИТ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ОРСКОГО ФИЛИАЛА АО «УФАНЕТ»

**Данилов Владимир Андреевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### ENERGY AUDIT OF LIGHTING SYSTEMS ON THE BASIS OF ORSK BRANCH OF THE IS JSC «UFANET»

***Аннотация:** Цели и задачи данного исследования не новы, но на практике все чаще и чаще приходится сталкиваться с тем, что небольшие компании стараются сократить энергопотребление зданий и сооружений. В данной статье нами рассмотрена модернизация системы освещения на примере офисного помещения Орского филиала АО «Уфанет».*

***Ключевые слова:** энергоаудит, эффективное освещение, светодиод.*

***Abstract:** The goals and objectives of this study are not new, but in practice, more and more often we have to face the fact that small companies are trying to reduce energy consumption of buildings and structures. In this article we consider the modernization of the lighting system on the example of office space Orsk branch IS JSC «Ufanet».*

***Key words:** energy audits, efficient lighting, led.*

В настоящее время, в связи с изменением стоимости тарифов на электроэнергию, актуальным решением становится программа энергосбережения. Основой процесса экономии энергии является обследование энергетического объекта (на предмет устаревшего оборудования), и составление на его основе экономически выгодных мероприятий по энергосбережению. Данные мероприятия прорабатываются для каждой установки – потребителя энергии: отопление, технология, освещение, вентиляция. Для начала производим анализ состояния систем энергопотребления, а затем – расчет экономии энергии по определенным методикам.

Основное количество осветительных приборов можно улучшить для сокращения денежных затрат и расходования электроэнергии, если принять на вооружение современные технологии и более энергоэффективные осветительные установки. Некоторые изменения для реализации значительных выгод могут потребовать лишь очень небольших либо вообще нулевых капитальных затрат. В других случаях могут быть необходимы вложения средств в современное оборудование, и тогда нужно сопоставить необходимые разовые затраты со сбе-

режением используемой энергии. Однако срок окупаемости средств получается незначительным.

Осветительные установки являются значительными потребителями электроэнергии, особенно в офисных зданиях. Поэтому использование выбранного плана мероприятий обретает значительное значение при энергосбережении. При обследовании системы освещения АО «Уфанет» нами была собрана следующая информация:

- тип и количество действующих светильников;
- модификация, количество и мощность используемых ламп;
- режимы работы системы искусственного освещения;
- типы поверхностей помещений (коэффициенты отражения поверхности);
- год начала использования светильников;
- график ППР светильников;
- фактический и нормированный уровень освещенности;
- значения напряжения электросети освещения в начале и в конце измерений освещенности;
- размеры помещения;
- средний фактический срок службы ламп;
- фактическое и нормированное значение коэффициента естественной освещенности.

Затем, произвели расчет показателей использования электроэнергии, на основании полученных данных в результате технического обследования объекта [1, 633]. Расчет фактической мощности осветительной установки осуществлялся по формуле

$$P_{\phi i} = P_{л1} \cdot K_{пра} \cdot N_p, \quad (1)$$

где  $P_{л1}$  – мощность действующей лампы, Вт;

$K_{пра}$  – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре осветительных приборов,

$K_{пра} = 1,22$  – для газоразрядной лампы;

$N_p$  – количество работающих однотипных ламп в осветительной установке офисного помещения.

$$P_{\phi i} = 72 \cdot 1,22 \cdot 51 = 4479,84 \text{ Вт}$$

Предполагаемую устанавливаемую мощность осветительной установки определили по формуле [2, 118]

$$P_{yi} = P_{л2} \cdot K_{пра} \cdot N_p, \quad (2)$$

где  $P_{л2}$  – мощность устанавливаемой лампы, Вт;

$K_{пра} = 1$  – для светодиодной лампы.

$$P_{yi} = 40 \cdot 1 \cdot 51 = 2040 \text{ Вт}$$

Затем рассчитали годовое энергопотребление действующей установки по формуле [2, 117]

$$Q_r = P_{\phi i} \cdot T_{ru} \cdot k_u \quad (3)$$

где  $T_{ru}$  – количество часов использования в год, час;

$k_u$  – коэффициент использования установки.

$$Q_r = 4479,84 \cdot 3650 \cdot 0,7 = 11445991,2 \text{ Вт} \cdot \text{ч.}$$

А годовое удельное энергопотребление [3, 34]

$$W_r = \frac{Q_r}{S}, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь помещения, .

$$W_r = \frac{11445,991,2}{1000} = 11,445 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2}.$$

Завершающим этапом экономии является внедрение мероприятий по снижению затрат на покупку электроэнергии. К основным мероприятиям по энергоэффективности относится переход на другой тип источника света с более высокой светоотдачей (Лм/Вт), что позволит сэкономить 3999,99. Средняя продолжительность работы люминесцентной лампы 10000 часов, тогда как светодиодная лампа работает 50000 часов, что в свою очередь, сказывается на частоте замены ламп в установке.

В данном случае экономически целесообразно заменить систему освещения в офисе, что снизит затраты на покупку электрической энергии и повысит энергоэффективность осветительной установки.

### **Список литературы:**

1. Шегурова В. П., Вильдиманова Е. Д. Энергоаудит – фактор снижения энергозатрат // Молодой ученый. – 2014. – № 4. – С. 632 – 635.
2. Энергосбережение на промышленных предприятиях: учеб. пособие/ сост. Г. Н. Климова; – Томского политехнического университета. – Томск, 2014. – 184 с.
3. Энергетический менеджмент: учебное пособие / под. редакцией А. В. Праховник, В.П. Розен, О.Б. Разумовский О.Б. ; Нот. ф-ка. – Киев, 1999. – 184 с.

## ТРАНСПОРТИРОВКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОСРЕДСТВОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Давлетов Бактыгерей Бактыбаевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Левен Алексей Сергеевич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### TRANSPORTATION OF ELECTRICITY BY MEANS OF CONSTANT CURRENT

***Аннотация:** В статье рассматриваются преимущества и недостатки транспортировки переменного трехфазного и постоянного токов. В результате чего сделаны выводы о целесообразности использования передачи электроэнергии на постоянном токе.*

***Ключевые слова:** Постоянный ток, устойчивость работы, электроэнергетическая система.*

***Abstract:** The article discusses advantages and disadvantages of transportation of variable three-phase and direct currents. As a result, conclusions were drawn about the advisability of using DC power transmission.*

***Key words:** Direct current, stable operation, power system.*

Параллельная работа электроэнергетических систем (ЭЭС) переменного тока возможна только при их синхронной работе. Для поддержания синхронизма, необходимо задавать одинаковую частоту. Для объединения ЭЭС потребуется реконструкция систем регулирования частоты на всех электростанциях. Также, объединение ЭЭС на параллельную работу приводит к увеличению токов коротких замыканий. В связи с этим, необходимо принимать меры по ограничению токов короткого замыкания, требующих больших капиталовложений.

В процессе исследования использованы результаты мониторинга работы ЭЭС в различных режимах [1].

При объединении ЭЭС, необходимо учитывать тот факт, что устойчивость работы системы снижается. При возникновении аварийной ситуации, например короткого замыкания, отключении крупной электростанции или отдельного блока, параллельная работа других электростанций может быть нарушена. Возможно прекращение электроснабжения отдельных регионов, что может

нанести большой экономический ущерб. В истории имеется много подобных случаев.

Отмеченных выше отрицательных последствий можно избежать, если для объединения систем использовать звено постоянного тока. В таком случае проблемы устойчивости параллельной работы и увеличения токов коротких замыканий уйдут на задний план, поскольку сами связываемые системы будут работать с одинаковыми или несколько различающимися частотами, но асинхронно. Звено постоянного тока в цепи передачи электроэнергии может положительно сказаться, как с точки зрения надежности, так и экономической целесообразности. Вероятность каскадных аварий уменьшается, что подтверждает мировая практика.

Исторически сложилось так, что трехфазные системы электроснабжения оказались предпочтительнее. Решающую роль в повсеместном распространении трехфазных сетей переменного тока сыграла простота получения вращающего момента при минимальном числе фаз. Против постоянного тока выдвигались такие аргументы, как высокая стоимость и малая надежность двигателей, сложность преобразования энергии.

За последнее время преобразовательная техника претерпела существенные изменения и сегодня она находит применение в промышленности и быту. Многие бытовые приборы имеют импульсные блоки питания, которые могут работать как в цепях переменного, так и постоянного тока.

Обладая значительными достоинствами, транспортировка электроэнергии постоянным током не обделена и недостатками. На постоянном токе появляется необходимость в возведении преобразовательных подстанций с большим количеством инверторов большой мощности и другой вспомогательной аппаратуры. Преобразовательные подстанции, помимо основного потока мощности, должны обеспечивать транзит реактивной мощности, которую производят компенсирующие устройства. Отпайки от линий электропередачи (ЛЭП), даже для питания мелких электроприемников, требуют возведения преобразовательных подстанций, расположенных вдоль трассы линии передачи постоянного тока.

Несмотря на эти недостатки, передача электроэнергии постоянным током считается более перспективным направлением развития электроэнергетики. Система электропередачи постоянного тока более устойчива, уменьшаются потери в ЛЭП, исчезает необходимость в синхронизации работы электростанций. При этом нет необходимости в замене основного оборудования действующих электростанций и трансформаторных подстанций. Предельная мощность, передаваемая по ЛЭП постоянного тока, на порядок выше, чем у аналогичных ЛЭП переменного тока.

Высоковольтные линии постоянного тока дают большие преимущества при использовании подводных кабелей. Длинная кабельная линия перемен-

ного тока имеет высокое емкостное сопротивление, что вызывает большие потери электроэнергии. При использовании кабельных линий постоянного тока эти потери отсутствуют. Линии постоянного тока высокого напряжения обеспечивают больше мощности на один проводник, чем при использовании высоковольтных линий переменного тока, так как при данном уровне мощности постоянное напряжение в линии постоянного тока ниже, чем напряжение в линии переменного тока.

Величина напряжения накладывает требование на толщину изоляторов и расстояние между проводниками. По сравнению с линией переменного тока, передача электроэнергии при помощи линий постоянного тока снижает затраты, так как коридор линии электропередачи позволяет увеличить плотность энергии.

Линии постоянного тока отличаются отсутствием такого же электромагнитного поля сверхнизких частот (ELF), присущего линиям переменного тока. Хотя в прошлом существовали некоторые опасения относительно вреда для здоровья (в том числе и увеличения риска развития лейкемии), оказываемого подобными полями, современное научное сообщество рассматривает источники ELF, и подобные им поля, неспособными навредить здоровью.

Помимо этого, отпадает необходимость синхронизации различных систем управления операциями в различных энергетических системах. Высокоскоростные системы аварийного управления на линиях передачи постоянного тока высокого напряжения повышают стабильность и надежность энергетической системы в целом.

Данные преимущества способствуют созданию высоковольтных линий постоянного тока, что поможет разбить большие энергосистемы на несколько не синхронизируемых систем меньшего размера.

### **Список литературы:**

1. Бабушкин, В. М. Электрические сети: развитие, новые решения. // В.М. Бабушкин, В.А. Нейман, В. А. Чевычелов. – ЦТИ «Энергетика и электрификация», 2002. – 166 с.



## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**Инаходова Лолита Меджидовна,**

кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара

**Казанцев Александр Андреевич,**

аспирант кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара

**Макарова Татьяна Валерьевна,**

студент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара

### **ANALYSIS OF EFFICIENCY OF APPLICATION OF MODERN CONSTRUCTIONS OF POWER TRANSFORMERS**

***Аннотация:** Рассмотрены новые более совершенные и эффективные по сравнению с существующими, конструкции силовых трансформаторов для применения в распределительных электрических сетях и системах электроснабжения России. Выполнен расчет некоторых аварийных режимов в электрических сетях на напряжение 10 кВ и 20 кВ с использованием новых конструкций трансформаторов на схеме существующей электрической сети. Выполнен сравнительный анализ расчетных сопротивлений трансформаторов различной конструкции и токов короткого замыкания на шинах высокого и низкого напряжения. Констатируется необходимость решения проблем увеличения токов короткого замыкания при применении современных энергоэффективных конструкций силовых трансформаторов.*

***Abstract:** We consider the new more advanced and efficient compared with existing designs of power transformers for applications in distribution networks and systems of Russian power. The calculation of some of the emergency operation in the networks of 10 kV and 20 kV with new designs of transformers in the scheme of the existing electrical network. A comparative analysis of the calculated resistance of transformers of various designs and short-circuit currents on the buses of high and low voltage. It is stated the need to address the problems of increasing short-circuit current in the application of modern energy-efficient designs of power transformers.*

**Ключевые слова:** трансформатор, энергосбережение, короткое замыкание, потери, энергоэффективность, аморфные магнитные материалы, высокотемпературные сверхпроводниковые материалы.

**Key words:** transformer, energy-saving, short-circuit, loss of efficiency, amorphous magnetic materials, high-temperature superconducting materials.

Применение в электрических сетях и системах электроснабжения (ЭССЭ) устаревшей трансформаторной техники, безусловно, тормозит технический прогресс в электроэнергетике [1,2]. Это отражается на исполнении широко декларируемых положений об энергосбережении и энергоэффективности, как в потреблении, так и в процессах передачи и распределения электроэнергии.

Задача снижения суммарных потерь электрической мощности и энергии (ПЭМЭ) в электроэнергетике находится в центре внимания научных исследований, что говорит о ее непреходящей значимости и необходимости поиска новых решений.

В настоящее время потери электроэнергии и мощности можно существенно снизить применением в конструкциях СТ следующих инновационных решений.

1. Использование эффекта сверхпроводимости (СП) низко и высокотемпературной (НТСП, ВТСП) для существенного уменьшения потерь в обмотках СТ.

2. Использование эффективных способов формирования основного магнитного потока СТ с помощью аморфных ферромагнитных материалов (АФМ) и перспективных бессердечниковых конструкций СТ (также в сочетании с использованием НТСП, ВТСП).

Для статического анализа использовались паспортные данные СТ 10 кВ. Значения для традиционных силовых трансформаторов (ТСТ) с магнитопроводом из электротехнической трансформаторной стали SiFe, из аморфного сплава (АМТ) и аморфных высокотемпературных сверхпроводниковых трансформаторов (АВТСП) разделены знаком «/».

Анализ паспортных данных позволяет утверждать, что активные потери в стали в АМТ и АВТСП в  $3,5 \div 5$ , а реактивные – в  $12 \div 20$  раз меньше, чем у основного состава отечественного парка ТСТ. Кроме снижения активных потерь в стали стоит отметить, что также снизятся потери полной, и, естественно, активной и реактивной мощности в питающих ЛЭП [4,5].

В целом, даже если оценивать результаты только статического анализа, то можно утверждать о перспективе эффективного использования АМТ и АВТСП в обозримом будущем развития ЭССЭ с напряжениями до 10 кВ и мощностями до 2500 кВА. При этом нужно иметь ввиду, что реальная средняя нагрузка СТ в отечественных ЭССЭ в основном не превышает 70% от номинальной [6]. Более полную и практически исчерпывающую информацию для

сравнения АМТ, АВТСП и ТСТ дает динамическая оценка с помощью компьютерных экспериментов и данных эксплуатации.

Поэтому для компьютерных экспериментов были использованы трансформаторы мощностью 160МВА, 250МВА, 400МВА и 630 МВА различного исполнения: ТСТ, АМТ, ВТСП и АВТСП. Расчет производился при допущении равенства относительной загрузки всех трансформаторов. Результаты в виде графиков представлены на рис. 1.

Далее был использован фрагмент сети 10 кВ ЗАО «Самарская сетевая компания» в котором смоделирована замена традиционных СТ на всех трансформаторных подстанциях с учетом реальных нагрузок на АМТ и АВТСП. Данные об этой замене по маркам и номинальным мощностям СТ приведены в табл. 1.

**Таблица 1.** Замена традиционных СТ в сети 10 кВ на АМТ

ТП	Кзагр	Заменяемый тр-р
ТП-1	0,46	ТМ-250/10
ТП-2	0,34	ТМ-400/10
ТП-3	0,21	ТМ-160/10
ТП-4	0,38	ТМ-400/10
ТП-5	0,33	ТМ-250/10
ТП-6	0,21	ТМ-630/10
ТП-7	0,28	ТМ-400/10
ТП-8	0,24	ТМ-400/10
ТП-9	0,31	ТМ-250/10
ТП-10	0,33	ТМ-630/10
ТП-11	0,16	ТМ-630/10
ТП-12	0,16	ТМ-400/10
ТП-13	0,23	ТМ-250/10
ТП-14	0,18	ТМ-630/10
ТП-15	0,10	ТМ-400/10
ТП-16	0,20	ТМ-630/10

Физической основой компьютерных экспериментов является определение потерь активной и реактивной мощности в АМТ, АВТСП и ТСТ по известным выражениям:

$$\Delta P_{\delta} = \Delta P_{\delta} + \Delta P_{\xi} \cdot k_{\xi}^2, \text{ где } k \text{ – коэффициент загрузки}$$

$$\Delta Q_{\delta} = \Delta Q_{\delta} + \frac{U_{\xi \%}}{100\%} \cdot S_{iii} \cdot k_{\xi}^2$$

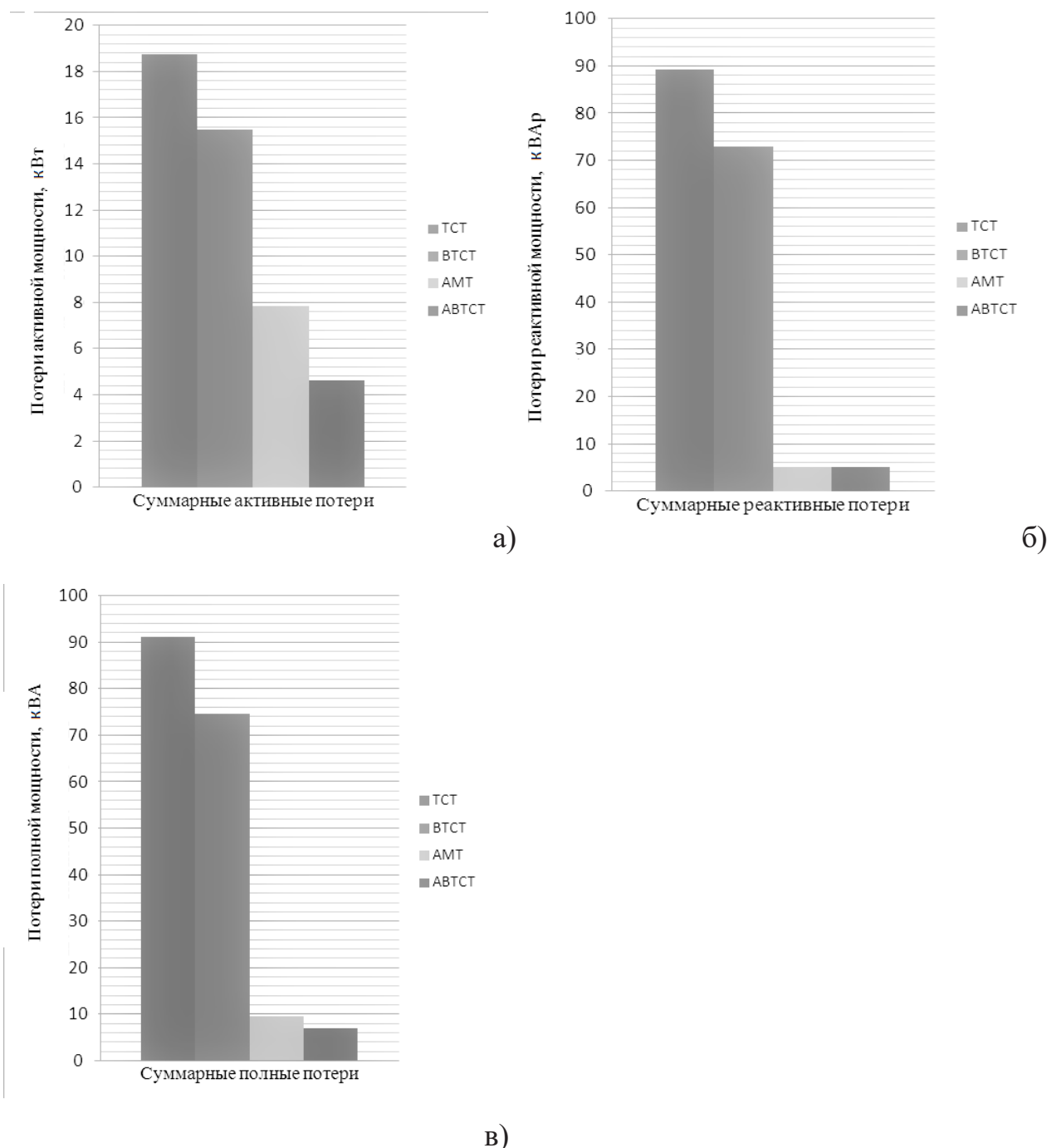
$$\Delta S = \Delta P_{\delta} + \Delta Q_{\delta}$$

Оценим эффективность применения АМТ, ВТСП и АВТСП по сравнению с ТСТ определяя потери только в трансформаторах схемы на рис. 2. в соответствии с графиками на рис.1. Можно предположить, что потери во множественной части схемы лишь незначительно изменяют оценку общей эффективности. Частная оценка именно трансформаторной части, по мнению авторов более значимо отразит экономическую выгоду от применения обсуждаемых мероприятий. Результаты представлены в табл. 2.

**Таблица 2.** Потери в ТП участка распределительной сети ЗАО «Самарская сетевая компания»

ТП	Потери в ТСТ, Вт	Потери в АМТ, Вт	Потери в АВТСП, Вт
ТП-1	1235,96	790,0964	316,324
ТП-2	1338,64	676,2292	367,0917
ТП-3	521,8102	188,0343	129,2049
ТП-4	1465,36	804,5908	418,4363
ТП-5	917,59	468,7481	224,921
ТП-6	1473,42	518,1673	350,0581
ТП-7	1174,96	510,4288	300,7715
ТП-8	1083,44	417,7232	263,6893
ТП-9	877,91	428,6969	213,529
ТП-10	1875,18	929,8417	514,7149
ТП-11	1358,72	400,6368	303,049
ТП-12	1358,72	275,0992	206,6397
ТП-13	743,99	293,5241	175,081
ТП-14	1400,88	443,8372	320,3284
ТП-15	874	205,57	178,828
ТП-16	1448	492,12	339,64

Из результатов проведенных экспериментов, представленных графиками на рис. 1 и на табл. 2 стало видно, что энергоэффективность инновационных трансформаторов значительно выше, чем у традиционных трансформаторов.



**Рисунок 1.** Графики суммарных потерь в трансформаторах различных конструкций, а) суммарные потери активной мощности (P); б) суммарные потери реактивной мощности (Q); в) суммарные потери полной мощности (S);

### Заключение

Введение в эксплуатацию силовых трансформаторов с магнитопроводами из аморфных сплавов, высокотемпературных сверхпроводниковых трансформаторов и их комбинированной конструкции является одним из наиболее перспективных путей снижения технических потерь энергосистем. Выделим наиболее информативную о положительных свойствах инновационных трансформаторов:

1. Активные потери в стали в АМТ и АВТСП в  $3,5 \div 5$ , а реактивные – в  $12 \div 20$  раз меньше, чем у основного состава отечественного парка ТСТ.

2. Ток ХХ и нагрев сердечника у АМТ и АВТСП по сравнению с ТСТ ниже на 70% и 60%, соответственно. Также снижены потери полной, и, разумеется, активной и реактивной мощности в питающих ЛЭП.

3. Низкие плотность магнитного потока и коэффициент заполнения приводят к увеличению сердечника и потерь в обмотке (проводнике), увеличению стоимости и производственных издержек по сравнению с традиционными материалами.

### **Список литературы:**

1. Ковалев Л. К., Илюшкин К. В., Ковалев К. Л. и др. Новые типы сверхпроводниковых электрических машин. – Сверхпроводимость: исследования и разработки. 2002.– №11.

2. Высоцкий В. С., Сытников В. Е. и др. Сверхпроводимость в электромеханике и электроэнергетике, – Электричество. 2005. – №7.

3. Дорофеев В. В., Черноплеков Н. А., Кейлин В. Е. и др. Проблемы создания и применения в электрических сетях устройств, использующих явления сверхпроводимости. – Электричество. 2005. – №7.

4. Павел Елагин. Высокотемпературные сверхпроводниковые трансформаторы, новое поколение подстанционного оборудования. – Новости электротехники 2005 №1.

5. Лутидзе Ш. И., Джафаров Э. А. Сверхпроводящие трансформаторы. М: Научтехлитиздат, 2002. – 206 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

**Инаходова Лолита Меджидовна,**

кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», Самарская область, г. Самара, Россия

**Казанцев Александр Андреевич,**

аспирант кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», Самарская область, г. Самара, Россия

**Макарова Татьяна Валерьевна,**

студент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», Самарская область, г. Самара, Россия

## APPLICATION OF SUPERCONDUCTING EQUIPMENT IN ELECTRIC POWER ENGINEERING

***Аннотация:** Применение сверхпроводников в качестве силовых элементов в основном обязано их перспективному свойству передавать электроэнергию без потерь. Основанные на этом свойстве различные области применения продолжают открываться для сверхпроводников, а также постоянно добавляются новые области применения.*

*В этой статье обсуждаются наиболее важные области применения сверхпроводников в сфере электроснабжения.*

***Abstract:** The use of superconductors as power cells is mainly due to their promising property of transmitting electricity without losses. Based on this property, various applications continue to open up for superconductors, and new applications are constantly being added. This article discusses the most important areas of application of superconductors in the field of power supply.*

***Ключевые слова:** сверхпроводники, мощность, применение.*

***Key words:** superconductors, power, application.*

### ВВЕДЕНИЕ

Хоть сверхпроводимость и не нова с точки зрения теории, но вокруг области применения этого явления в последние годы развернут большой ажиотаж. В основном это связано с качествами высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), устраняющими потребность в жидком гелии, и переходящие на жидкий азот, который дешевле, проще в использовании, и более доступен.

Высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) широко распространены в высокомошных отраслях и областях, и используются промышленными потребителями и электроэнергетическими предприятиями. Перспективные проекты и концепты предполагают ВТСП как гибкий составной проводник, достаточно прочный для работы в промышленной среде. Всемирная тенденция к использованию сверхпроводников в силовых областях в своей основе имеет их уникальные свойства: они не имеют электрического сопротивления и, тем самым, способны передавать электроэнергию без потерь, они не подвержены росту температуры из-за потерь, и имеют много больший срок эксплуатации, они способны создавать сильные магнитные поля и т.д.

### СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ КАБЕЛИ

Кабели – очевидно первое возможное использование сверхпроводников в силовой отрасли так как эти материалы не имеют электрического сопротивления. В ту же очередь, применение ВТСП силовых кабелей было среди первых крупных представленных проектов со времен открытия высокотемпературной сверхпроводимости. Ввиду значительных преимуществ перед обычными кабелями, такими как 3 – 5 раз большая нагрузочная способность, и снижение габаритов до 50%, сверхпроводящие кабели вызвали повышенное внимание со стороны снабжающих предприятий. Рисунок 1 показывает конструкцию 3-фазного индукционного кабеля.



Рисунок 1. Конструкция 3-фазного ВТСП кабеля

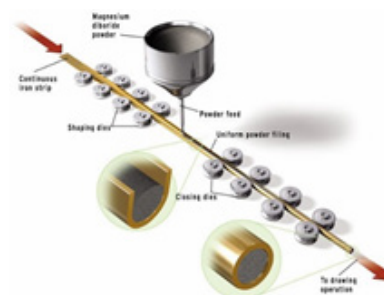


Рисунок 2. ВТСП кабель на основе Магние-Диборидного порошка

Ученые Японии недавно предприняли производство дешевого сверхпроводника на основе порошка Магnezия-Диборида, который весьма податлив. Рисунок 2 схематически показывает процесс производства этого кабеля нового образца.

Наиболее продвинутый метод производства для гибкого составного проводника является  $\text{Bi-2223}$ -OPIT, который используется множеством организаций.



Были достигнуты значительные достижения в ВТСП технологии – средние критические показатели тока преодолели отметку в 115 А на 77 К, что эквивалентно технической плотности тока в 13.8 кА/см<sup>2</sup>. В ходе последних 18 месяцев, American Superconductor нарастила выпуск ВТСП продукции с 250 до 500 км в год для удовлетворения растущего спроса в разработках и демонстрациях.

Для снижения стоимости провода до \$50/кА-м, American Superconductor в данный момент размещает новый объект, предназначенный для производства провода Bi-OPIT-2223 в объемах 10000 км в год. Стартовая область применения этого провода – силовые кабели, промышленные моторы, и генераторы. Ожидается производительности и надежности в ходе испытаний ленты Bi-2223.

### **СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ ТОКА КЗ (СОТКЗ)**

Все участки ЭЭС должны быть спроектированы с учетом требований к выдерживанию термических и механических ударных нагрузок, вызванных аварийными токами или токами КЗ. Эти токи КЗ могут превосходить номинальный в 100 раз. В свою очередь, снижение токов КЗ обеспечит, как и снижение экономического ущерба и потерь энергии, так и оптимизацию в конечном итоге.

Разработано и спроектировано множество вариантов ограничителей тока КЗ (ОТКЗ) для преодоления проблем с током КЗ в электрических сетях. Среди этого множества есть и сверхпроводящие ограничители тока КЗ (СОТКЗ), обладающие совершенными характеристиками, поскольку в нормальном режиме они находятся в сверхпроводящем состоянии и не имеют импеданса. И лишь при протекании тока КЗ они переходят в нормальное состояние из-за превышения критического тока и начинают действовать как большое сопротивление в цепи. Отсутствие импеданса в нормальном режиме и высокий импеданс в аварийном могут предоставить только СОТКЗ. Существует 2 главных типа СОТКЗ – резистивный и экранированный сердечник. Последний характеризуется индуктивностью при наступлении аварии, в то время как первый просто переходит в нормальное состояние с сопротивлением в цепи, ограничивающим ток КЗ. Рисунок 3 демонстрирует эти два типа. СОТКЗ – новаторское решение для электрических сетей, технически увеличивающее их надежность так как соединение сетей может производиться без опасений превышения уровня токов КЗ в системе.

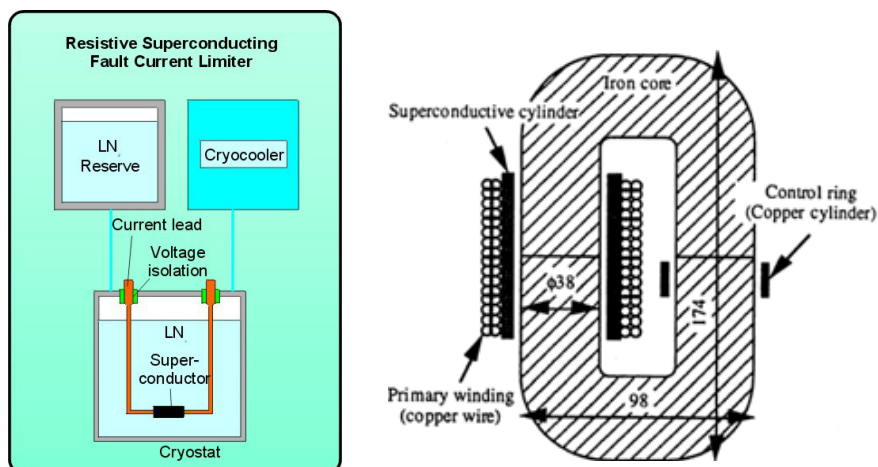


Рисунок 3. СОТКЗ (а) резистивный тип (б) тип экранированный сердечник

### СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Сверхпроводящие трансформаторы – еще одно успешное применение сверхпроводников в электротехнической промышленности.

Сверхпроводящие трансформаторы имеют большую плотность тока и меньшие потери в меди нежели стандартные. Это позволяет проводить трансформацию эффективнее и менее затратно. Кроме того, возможно и использование большего числа витков в таких трансформаторах ввиду меньшего значения вольт на виток, что позволит снизить размеры сердечника. Снижение размеров последнего приведет к заметному снижению размеров и веса всего устройства. Сверхпроводящие трансформаторы обычно имеют меньший импеданс, что улучшает динамические свойства ЭЭС. Они так же могут ограничивать токи КЗ, поскольку в конструкции СТ очень схожи с СОТКЗ. Это защитит от дальнейших повреждений как сам СТ, так и другие устройства.

Еще одно привлекательное свойство СТ – работоспособность без применения масла. Это крайне ценно в местах, где трансформатор подвергается угрозе пожара, обычно на химических и нефтяных предприятиях. Другие преимущества СТ заключаются в возможности длительной работы при перегрузке без потери срока службы – ввиду криогенной эксплуатационной среды, улучшениях регулирования напряжения, возможности отказа от сердечника и т.д.

### ОЦЕНКА БУДУЩИХ РЫНКОВ ДЛЯ ВТСП УСТРОЙСТВ

Учет потерь в государственных сетях [7] тщательно отслеживается, и установлено, какие потери могут устранить ВТСП технологии. Энергосбережение, достижимое через ВТСП генераторы, кабели, трансформаторы, двигатели различных размеров, вычисляется и группируется посредством табличного анализа. Экономический выигрыш очень чувствителен к стоимости ВТСП провода, и к стоимости сопутствующего криогенного оборудования. Модель

вхождения в рынок используется для оценки времени, когда ВТСП устройства станут коммерчески успешными. Результат представлен в рисунке 4.

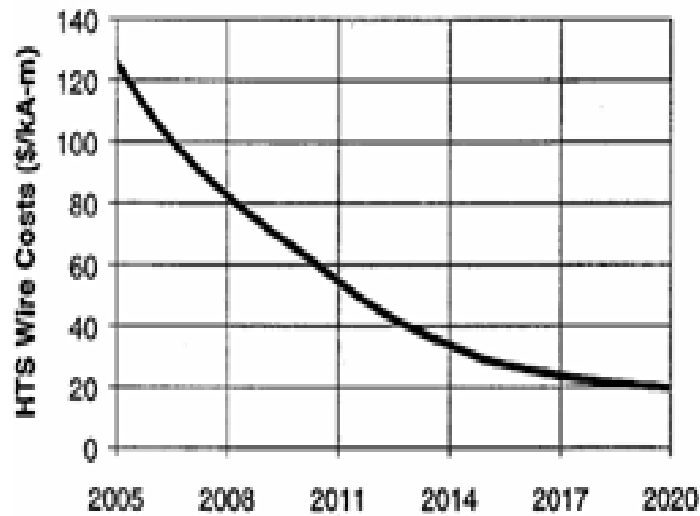


Рисунок 4. Ценовая траектория ВТСП провода по времени (\$/kA-m)

Внедренные в государственный табличный анализ модели поведения 4 основных ВТСП устройств (моторы, генераторы, трансформаторы, кабели), которые будут продаваться сетевым и промышленным предприятиям, представлены в рисунках 5 и 6.

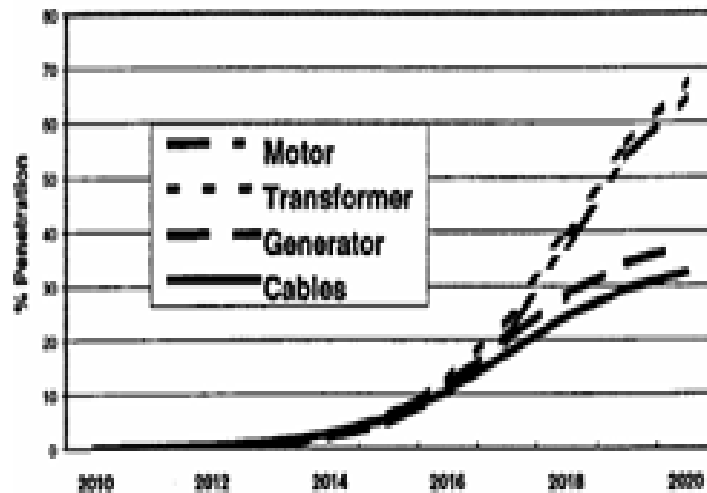
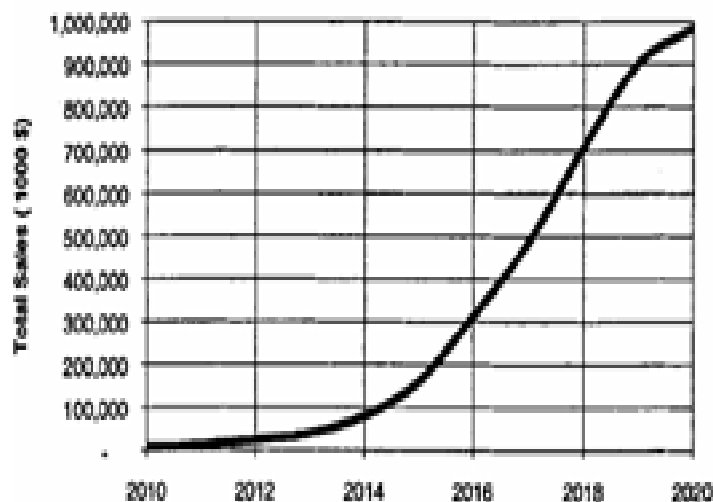


Рисунок 5. Кривые входа на рынок ВТСП устройств



**Рисунок 7.** Приведенные общие продажи всех 4 категорий ВТСП устройств по времени, исходящие от комбинации параметров ВТСП провода и криогенного оборудования

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в этой статье области применения сверхпроводников в электроэнергетике являются наиболее важными. Хотя все еще существуют проблемы с эксплуатацией этих устройств, такие как криогенная среда, их использование даже растет, что указывает на перевес преимуществ над недостатками.

## Список литературы:

1. Фоссейн К. Сверхпроводящая техника: 10 тематических исследований// Всемирный научный конгресс. - 1991.
2. Сасвата Р. Дас. Чувствительный сверхпроводник. IEEE Spectrum, – 2002.
3. Такаши Язава. Результаты проектирования и испытаний высокотемпературного сверхпроводящего токового ограничителя тока на 6,6 КВ. IEEE транзакция по прикладной сверхпроводимости, Vol.11 – 2001 – №1.
4. В. W. McConnell, “Transformers, A Successful Application of High Temperature Superconductors”, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 10, No. 1, March 2000.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ГРАДИРНИ

**Коваль Алексей Николаевич**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### DESIGNING ENERGY EFFICIENT GRADRANIUM

***Аннотация:** В статье приводятся исследования по состоянию вопроса и перспективным направлениям проектирования систем оборотного водоснабжения ТЭС с использованием градирен.*

***Abstract:** The article contains studies on the state of the issue and the prospective directions of designing the circulating water supply systems for TPPs using cooling towers.*

***Ключевые слова:** башенная градирня, система оборотного водоснабжения ТЭС.*

***Key words:** cooling towers, water supply systems for TPPs.*

Учитывая растущий спрос на электроэнергию и ограниченность энергоресурсов перед предприятиями энергетической отрасли все более остро стоит задача увеличения выработки электроэнергии при сохранении, либо уменьшении затратных показателей. Следует принять во внимание, что в настоящее время стратегия наращивания выработки тепловой и электрической энергии на ТЭС за счет применения блоков с возрастающей единичной мощностью сталкивается с серьезными ограничениями, так как КПД, достигнутый на основном оборудовании энергоблоков, уже близок к предельному. Но повышение экономичности возможно за счет совершенствования вспомогательного оборудования. Одним из путей повышения экономичности вспомогательного оборудования является реконструкция действующих градирен с использованием современных технологий, что позволяет увеличить выработку электроэнергии без увеличения расходов на топливо. Помимо этого, градирня является системой оборотного водоснабжения с охлаждением циркуляционной воды, что экономит естественные водные ресурсы. Рассматриваемая схема технического водоснабжения ТЭС – оборотная, с тремя башенными градирнями. Каждая имеет площадь орошения 1610 м<sup>2</sup> и расчетные расходы охлаждающей воды – 11200 м<sup>3</sup>/ч. Требуемые технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики градирни

Вид градирни	башенная
Тип оросителя	асбестоцементный
Тип водораспределительного устройства	лотковое
Тип разбрызгивающих сопел	бутылчатые
Расход воды	8100 м <sup>3</sup> /ч
Площадь орошения	1610 м <sup>2</sup>
Высота градирни	53 м
Высота подачи воды	6,5 м
Материал оросителя	асбестовые листы
Материал каркаса градирни	металл
Материал обшивки градирни	полимерная из листов ПВХ ЭПЛ-200 с замковым соединением
Тип противообледенительного устройства	тамбур

Циркуляцию воды в оборотной системе с подачей циркуляционной воды на конденсаторы турбин ПТ в системе газо - маслоохлаждения для четырех турбин обеспечивают шесть циркуляционных насосов, установленных в отдельном здании циркуляционной насосной станции (ЦНС) около градирен. Охлаждаемая в градирнях циркуляционная вода подается в главный корпус от ЦНС по двум ниткам магистральных подводящих водоводов Ø1420 мм и возвращается обратно на градирни для охлаждения также по двум отводящим магистральным водоводам Ø1420 мм. На конденсаторы каждой из трех турбин ПТ циркуляционная вода подается по двум подающим водоводам Ø800 мм и сбрасывается также по двум водоводам Ø800 мм. Встроенный пучок конденсаторов турбин охлаждается циркуляционной водой. Добавочная вода на ТЭЦ может поступать по пяти трубопроводам Ø500 мм от близлежащих предприятий. Продувка градирен осуществляется за счет отбора части оборотной воды из циркуляционной системы на расширитель непрерывной продувки котлов, где она используется в качестве охлаждающей и выводится из циркуляционной системы за счет сброса в систему промливневой канализации. Для башенных градирен рекомендуется использовать ИК-100 сетчатой структуры усиленной структуры в виде гофрированного листа, предусмотреть напорную трубную систему, но с разбрызгивающими соплами типа БРИКС-24. Требования к монтажу противообледенительной системы включает установку противообледенительного тамбура с вертикальными воздухоходными поворотными щитами и кольцевым противообледенительным трубопроводом с эвольвентными соплами выходным отверстием диаметром 25 мм, Коллектор следует установить по периметру градирни под нижним ярусом оросителя

и подключить к подводящему водоводу Ø1020 мм. Требования к обшивке состоят в использовании листового оцинкованного железа. Та часть башенной градирни, которая находится под землёй, должна быть исполнена как монолитная железобетонная конструкция. Однако фундаментную часть и ограждение для водосбросного бассейна допускается исполнять из плит, как сборную конструкцию из железобетона [1,3]. Это связано с тем, что конструкция фундамента для вытяжной башни градирни и каркасно-обшивной башни – ленточная. Когда выбирается площадь фундамента, то строительными-технологическими нормами предусмотрен его отрыв от грунта. Бассейн для сброса и сбора воды должен иметь толщину 25 см, также как и стенки кольцеобразного фундамента. Утолщение допускается при неблагоприятных условиях грунта. Но обычно для ТЭЦ грунт делают искусственно песчано-гравийным. Если грунтовые воды имеют высокий уровень, то прежде, чем делать заливку фундамента, формируют подушку из гравия, которую заливают специальным битумом. Нижний бассейн башенной градирни рекомендуется делать с перегородками, если градирня имеет несколько режимов работы (зимний и летний). В функции управления за работой башенной градирни с задачей параметров режима охлаждения входит постоянный контроль уровня и температуры сбросной воды. Каркас вытяжной башни обычно стальной. Обшивка его выполняется изнутри с использованием железобетона. Вытяжная башня может иметь форму гиперболы или параболы. Гиперболические исполняются из монолитного железобетона. Именно эту конструкцию принимают как энергоэффективную. Это объясняется хорошей аэродинамикой тяги. Пирамидальную конструкцию выбирают для вытяжной башни малой или средней производительности. Как правило, их исполняют также из железобетонных панелей, либо из металла. Параболические градирни имеют большую производительность. Башни градирни маркируются двумя горизонтальными полосами, которые должны иметь разрывы. Цвет полос – красный и белый. Наносятся полосы в верхней части башни. Там же исполняется световое отражение. Оно согласуется с представителями гражданской авиации. Основная защита градирен на стадии проекта – это грозовая молниезащита [1,5]. Молниеприёмники и заземление, – все токоотводы монтируются в бетон оболочек конструкции башни. Армирование градирни из железобетона исполняется из стержней кольцевой конструкции и меридиональной периодического профиля.

### **Список литературы:**

1. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84) – Утверждено приказом ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР от 20 марта 1985 г. № 27 М.: Изд-во стандартов, 1995. – 132с.: ил. – ISBN 5 – 1895 – 005 – 8.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА БАЗЕ БИЗНЕС-ЦЕНТРА «СИНОПСКАЯ» Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ»

**Кочковская Светлана Сергеевна,**

старший преподаватель кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики,  
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Оренбургская область, г. Орск

## IMPROVING ENERGY EFFICIENCY ON THE BASIS OF THE BUSINESS CENTER «SINOP», ST. PETERSBURG»

***Аннотация:** В статье рассматривается опыт внедрения энергосберегающих технологий. Приведен анализ эффективных практических решений, которые помогут существенно снизить энергопотребление. Статья имеет практическое значение при разработке целевых программ по энергосбережению, их реализации и оценке эффективности.*

***Ключевые слова:** Энергосбережение, энергопотребление, энергетическая эффективность.*

***Abstract:** The article discusses the experience of the introduction of energy-saving technologies. The analysis of effective practical solutions that will significantly reduce energy consumption. The article is of practical importance in the development of targeted programs for energy saving, their implementation and efficiency assessment.*

***Key words:** Energy saving, power consumption, energy efficiency.*

Энергосбережение – это ряд мер, направленных на эффективное использование топливно-энергетических ресурсов и вовлечение в хозяйственную деятельность возобновляемых источников энергии.

Развитие промышленного производства и резкое увеличение жилищного строительства привело к быстрому росту энергопотребления в городе Санкт-Петербурге. В связи с этим возникла насущная потребность в осуществлении кардинальных мер по реконструкции энергообъектов [1, 141].

В рамках энергоаудита в бизнес-центре «Синопская», который представляет собой 5-этажный деловой комплекс, был проведен план мероприятий по повышению энергетической эффективности. Здание оборудовано современными системами: охранной сигнализацией и видеоконтролем периметра здания, противопожарными системами, вентиляцией и кондиционированием, электронной системой контроля доступа, цифровыми телекоммуникационными каналами.



Для оценки эффективности энергосберегающих мероприятий по экономии электрической энергии была внедрена новая система освещения [2, 28]. Далее был рассчитан экономический эффект от замены ламп накаливания на светодиодные лампы.

В результате технического обследования объекта были получены необходимые данные для расчета: площадь помещения, тип ламп до и после проведения мероприятий по смене системы освещения, количество ламп, мощность ламп. Исходные данные для расчета экономического эффекта приведены в таблице 1 [3, 10].

**Таблица 1.** Исходные данные для расчета экономического эффекта

Наименование объекта	Площадь, м <sup>2</sup>	Тип лампы до мероприятия	Мощность ламп накаливания, Вт	Кол-во ламп накаливания, шт.	Тип лампы после мероприятия	Мощность светодиодных ламп, Вт
Бизнес-центр	2000	Лампа накаливания	40	600	Лампа светодиодная	5

После проведенного экспресс-аудита был разработан план проведения энергосберегающих мероприятий. В частности, необходимо было провести работы по замене энергоемких ламп накаливания мощностью 40Вт на новые энергоэффективные светильники мощностью 5Вт.

По результатам расчета необходимые средства на замену ламп накаливания составили – 129,6 тыс. руб. Тариф на электроэнергию в 2015 году для организаций составляет 4,12 руб./кВт ч. А потенциал годовой экономии электроэнергии составил 304,857 тыс. руб.

В результате чистая прибыль составляет 175,257 тыс. руб. в год. В расчетах учтен коэффициент индексации тарифа на каждый последующий год – 1,15. В таблице 2 представлены результаты расчета экономического эффекта от замены ламп накаливания на светодиодные.

**Таблица 2.** Результаты расчета экономического эффекта от замены ламп накаливания на светодиодные лампы

Средства на замену ламп накаливания, тыс. руб.	Тариф на электроэнергию, кВт/ч.	Потенциал годовой экономии электроэнергии, тыс. руб.	Чистая прибыль в год, тыс. руб.
129,6	4,12	304,857	175,257

Таким образом, при проведении энергосберегающих мероприятий есть возможность высвободить 21кВт электрической мощности. После проведенных работ по демонтажу энергоемких светильников и монтажу светильников с энергосберегающими лампами был составлен план с приложением всех необходимых документов на технологическое присоединение нового объекта к электрическим сетям за счет реализации проекта по энергосбережению.

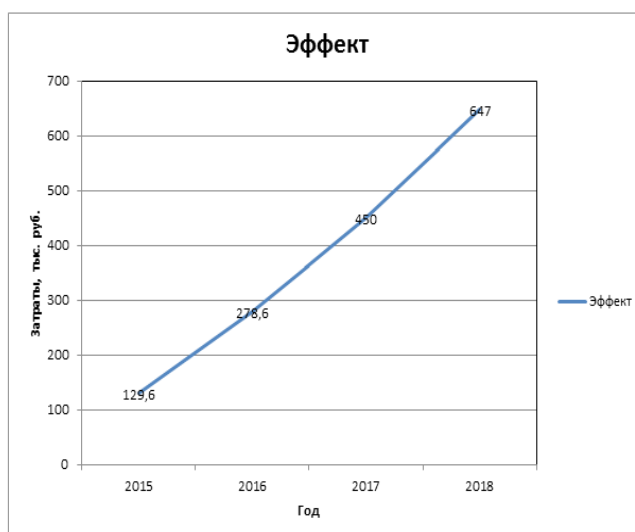
В связи с тем, что ресурс светодиодных ламп составляет 30000 часов, а ламп накаливания 1000 часов, рассмотрим динамику экономического эффекта внедренной системы освещения.

В таблице 3 приведены основные показатели динамики экономического эффекта при замене системы освещения.

**Таблица 3.** Основные показатели динамики экономического эффекта при замене системы освещения

Затраты, тыс. руб.	Год			
	2015	2016	2017	2018
Замена ламп накаливания на светодиодные	129,6	278,6	450	647

Динамика экономического эффекта для данных мероприятий приведена на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Экономический эффект от замены ламп накаливания на светодиодные лампы

При реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности будут достигнуты следующие результаты: сокращение расходов на электроснабжение организации, повышение заинтересованности в энергосбережении.

#### **Список литературы:**

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года (проект). Министерство Российской Федерации. – Москва, 2014. – 263 с.
2. Абубакирова В. Ф. Экономические аспекты реализации светодиодного наружного освещения// Наука и современность. – 2011. – № 9-2. – С. 25 – 29.
3. Методические материалы для энергоаудита: методическое пособие / под редакцией А. Г. Вакулко, О. Л. Данилова ; Московский энергетический институт. – Москва, 1999. – 144 с.

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СЖИГАНИЯ ГАЗОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ В ГОРЕЛКАХ С НЕРЕГУЛИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Кулагин Алексей Юрьевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Оренбургская область, г. Орск

## THEORY AND PRACTICE OF OIL REFINING GASES COMBUSTION IN BURNERS WITH NON-REGULATED PARAMETERS

*Аннотация:* В статье приведены результаты теоретических и практических исследований процесса сжигания газов нефтепереработки в горелках с нерегулируемыми параметрами.

*Ключевые слова:* Горелка, сжигание, топочный процесс.

*Abstract:* The article presents the results of theoretical and practical studies of the refinery gases combustion in burners with unregulated parameters.

*Key words:* Burner, combustion, furnace process.

Особенностью работы газовых горелочных устройств котлов и трубчатых печей нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) является использование в качестве топлива вторичных горючих ресурсов (ВГР), состав которых значительно изменяется во времени. Состав ВГР зависит от перерабатываемого на технологических установках сырья, назначения и режима технологических установок и прочих факторов. В связи с этим вопросам эффективного сжигания ВГР на НПЗ уделяется много внимания [1,32].

На работу различных типов горелок с нерегулируемыми газовадыющими узлами нестабильный состав ВГР оказывает разное влияние. При сжигании ВГР нестабильного состава в инжекционных горелках изменяется количество инжектируемого воздуха и качество перемешивания топливовоздушной смеси. При сжигании ВГР нестабильного состава в горелках с подачей воздуха дутьевыми вентиляторами изменяются либо глубина проникновения струй газообразного топлива в поток воздуха – при подаче топлива под углом к воздушному потоку, либо скорости потоков сжигаемого газа и воздуха относительно друг друга – при параллельном их течении. Таким образом, нестабильный состав ВГР НПЗ вызывает изменение интенсивности турбулентной и молекулярной диффузии.

В качестве главного критерия при определении возможности взаимозаменяемости газов в газовых горелках с нерегулируемыми параметрами используют число Воббе  $W_0$ . Данный параметр определяется как отношение низшей

объёмной теплоты сгорания газа  $Q_i^\delta$ , кДж/м<sup>3</sup>, к величине корня квадратного из отношения плотности газа  $\rho_{\tilde{a}}$  к плотности воздуха  $\rho_{\hat{a}}$ , кг/м<sup>3</sup>

$$W_o = \frac{Q_i^\delta}{\sqrt{\rho_{\tilde{a}}/\rho_{\hat{a}}}}, \quad (1)$$

Таким образом, для дальнейшего анализа является важным определение наличия или отсутствия взаимосвязи между теплотой сгорания и плотностью ВГР НПЗ, которые состоят в основном из водорода, предельных и непредельных углеводородов.

Предельные  $C_nH_{2n+2}$  углеводороды представляют собой ряд родственных соединений с однотипной структурой, в которых каждый последующий член отличается от предыдущего на постоянную группу атомов  $-CH_2-$ . Родоначальником ряда является метан  $CH_4$ . У непредельных углеводородов  $C_nH_{2n}$  изменение структуры членов ряда происходит аналогично, но родоначальником ряда является этилен  $C_2H_4$ . Вышеуказанные последовательности соединений называются гомологическими рядами, отдельные члены этих рядов – гомологами, а группа атомов  $-CH_2-$ , на которую различаются соседние гомологи обоих рядов, – гомологической разностью.

Гомологи имеют отличия в молекулярной массе, и, в связи с этим, различные физические и химические характеристики. С увеличением количества атомов углерода в молекулах указанных выше углеводородов наблюдается закономерное изменение физических и химических свойств гомологов – переход количества в качество: повышаются температуры кипения и плавления, увеличиваются плотность, вязкость, теплоемкость и объёмная теплота сгорания. Из перечисленных физико-химических свойств для нас представляет интерес плотность и теплота сгорания.

Ещё раз обратим внимание на химическую структуру гомологических рядов углеводородов. Структурный характер связей между атомами углерода и водорода в молекулах предельных углеводородов представляется в следующем виде: родоначальник ряда –  $CH_4$  – имеет четыре связи типа  $C-H$ . Каждый последующий член ряда прибавляет к ним метиленовую группу  $CH_2$ , дающую дополнительно три связи – одну связь типа  $C-C$  и две связи типа  $C-H$ , и 14 атомных единиц веса. Этим объясняется то, что объёмная теплота сгорания и плотность имеют линейную зависимость от углеродного числа  $n$ . Следствием этого также является линейная зависимость объёмной теплотворной способности от плотности.

Рассматриваемые физико-химические характеристики непредельных углеводородов этиленового ряда аналогично свойствам предельных углеводородов

изменяются линейно в зависимости от углеродного числа. Причём углы наклона прямых, характеризующих свойства и предельных, и непредельных углеводородов, равны. Это объясняется тем, что в обоих случаях изменение свойств связано с добавлением метиленовой группы.

Теплота сгорания смеси предельных, непредельных углеводородов и водорода слабо зависит от соотношения компонентов и определяется её плотностью. Расчётные данные по теплоте сгорания, кДж/м<sup>3</sup>, ВГР в диапазоне плотностей при нормальных физических условиях 0,56...3,2 кг/м<sup>3</sup> с точностью до 3 % определены в работе [1,39] и выражаются зависимостью

$$Q_i^{\delta} = 44020 \cdot \rho + 4530, \quad (2)$$

Таким образом, можно говорить о вполне определённой взаимосвязи теплоты сгорания и плотности для вторичных горючих ресурсов НПЗ.

В конструкциях котлов производственных котельных и трубчатых печей НПЗ широкое распространение получили газомазутные горелки с периферийной выдачей газовых струй под углом 45...90° в поперечный закрученный поток воздуха. Среди них горелки с кольцевым газораздаточным коллектором типа ГМГА и ГМГБ-5,6, ГМ-10, ГПМ-16 и прочие.

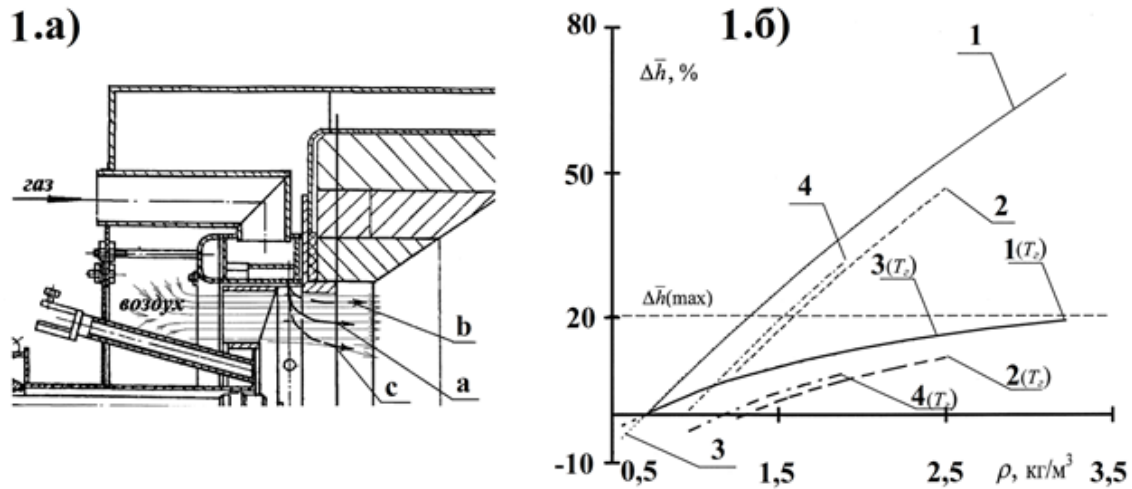
Благодаря закручиванию воздушного потока, перечисленные горелки обеспечивают полное сжигание топлива стабильного состава в коротком факеле при коэффициенте избытка воздуха 1,05...1,12. При изменении состава топлива вышеуказанные горелки работают со значительной химической неполнотой сгорания, то есть в продуктах сгорания появляются монооксид углерода и, в редких случаях, сажа.

Основной причиной химической неполноты сгорания является плохое смешение. В общем случае горение газового топлива сможет развиваться при выполнении двух условий: наличия тесного соприкосновения молекул газа с молекулами кислорода воздуха; наличия у молекул газа и кислорода энергии для преодоления «химического барьера» и возможности осуществления акта химического соединения.

Тесное соприкосновение молекул топлива с молекулами кислорода воздуха достигается хорошим перемешиванием. Но для ВГР НПЗ соотношение между топливом и воздухом изменяется в диапазоне от 1:9 до 1:30. Изменение соотношения газа и воздуха в таком диапазоне не предусмотрено производителями горелок. В таких случаях они рекомендуют изменять диаметр газовадающих отверстий для того, чтобы сохранить расчётную глубину проникновения струй газа в поток воздуха. Дело в том, что при истечении турбулентной струи газа в поперечный сносящий поток воздуха первая постепенно разворачивается

и на расстоянии  $\bar{h}$  по нормали к направлению сносящего потока становится спутной ему.

Глубина проникновения газовой струи должна обеспечивать попадание газа в зону максимальных скоростей и не должна отличаться от оптимального значения более чем на 15...20 %. При таких отклонениях струя газа всё равно будет находиться в зоне максимальных скоростей. На рисунке 1.а изображён фрагмент горелки ГМП-16 и схематично показано проникновение струи газа на расчётную глубину (а), на глубину менее расчётной (b), и более расчётной (с).



**Рисунок 1.а.** Фрагмент горелки ГМП-16 и дальнобойность струй газа:  
 а – плотность газа соответствует расчётной; б – плотность газа превышает расчётную,  
 с – плотность газа меньше расчётной

**Рисунок 1.б.** Зависимость  $\Delta\bar{h}$ , %, для холодного и подогретого газа от его плотности,  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>: 1 – C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>, 2 – C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>, 3 – 75% C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> + 25% H<sub>2</sub>, 4 – 75% C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> + 25% H<sub>2</sub>, 1(T<sub>а</sub>) ... 4(T<sub>а</sub>) – смеси 1...4 при T<sub>а</sub> = 142,8 · ρ + 190)

Основная расчетная формула дальнобойности газовых струй имеет вид [1,65]

$$\bar{h} = 2 \cdot K_s \cdot \bar{d} \cdot \sqrt{q / (\lambda \cdot \xi)}, \quad (3)$$

где  $\bar{h} = h/R$  – относительная дальнобойность газовых струй в долях диаметра цилиндрического канала горелки R;

$K_s$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от шага между струями;

$\bar{d} = d/D$  – диаметр отверстия для истечения газа в долях диаметра цилиндрического канала горелки D;

$$q = \frac{\rho_{\tilde{a}} \cdot w_{\tilde{a}}^2}{\rho_{\hat{a}} \cdot w_{\hat{a}}^2} - \text{гидродинамический параметр, где } \rho_{\hat{a}}, \rho_{\tilde{a}} - \text{плотность соот-}$$

ветственно воздуха и газа при рабочих условиях и  $w_{\hat{a}}, w_{\tilde{a}}$  – среднерасходная скорость соответственно воздушного потока и истечения газа;

$\xi = (V_{\tilde{a}} + V_{\hat{a}})/V_{\hat{a}}$  – коэффициент увеличения результирующей скорости воздушного потока, где  $V_{\tilde{a}}, V_{\hat{a}}$  – объёмный расход соответственно воздуха и газа при рабочих условиях;

$\lambda$  – интегральное значение скорости поперечно движущегося потока на участке развития струи.

Проанализировав формулу (3) в работе [1,65] делается вывод о том, что для определенной конструкции горелки коэффициенты  $K_s, \bar{d}, \lambda$  остаются постоянными вне зависимости от свойств сжигаемого газа, а наилучшее смешение газа с воздухом с точки зрения турбулентной диффузии будет при постоянном значении отношения

$$w_{\tilde{a}} \cdot \sqrt{\rho_{\tilde{a}}}/(V_{\hat{a}} + V_{\tilde{a}}). \quad (4)$$

В соответствии с законом Гей – Люссака, плотность газа при постоянном давлении  $P$  обратно пропорциональна абсолютной температуре  $T$ , поэтому с целью достижения требуемых условий для перемешивания газообразного топлива и воздуха без изменения конструкции горелки достаточно изменять температуру газа, которая будет вызывать требуемое изменение плотности.

Для качественного перемешивания топлива с воздухом в горелках с радиальной выдачей газа в поток воздуха нужно для множества значений плотности газа определить такие значения температуры газа, при которых выражение (4) будет оставаться неизменным или меняться не более  $\pm 20\%$ . Таким образом, можно записать

$$K_{\tilde{a},\hat{a}} = \frac{w_{\tilde{a}} \cdot \sqrt{\rho_{\tilde{a}}}}{V_{\hat{a}} + V_{\tilde{a}}} \bigg/ \frac{w_{\tilde{a}}(t) \cdot \sqrt{\rho_{\tilde{a}}(t)}}{V_{\hat{a}} + V_{\tilde{a}}(t)} = 0,8...1,2, \quad (5)$$

где  $K_{\tilde{a},\hat{a}}$  – коэффициент, характеризующий отклонение от расчетного значения глубины проникновения газовой струи в поток воздуха;  $w_{\tilde{a}}(t), \rho_{\tilde{a}}(t), V_{\tilde{a}}(t)$  – скорость, м/с, плотность, кг/м<sup>3</sup>, и объёмный расход, м<sup>3</sup>/с, нагретого газа при рабочих условиях.



При  $K_{\bar{n},\bar{a}} < 0,8$   $\bar{h} > \bar{h}_{\text{пр}}$ , где  $\bar{h}_{\text{пр}}$  – проектное значение  $\bar{h}$ . В случае  $K_{\bar{n},\bar{a}} > 1,2$   $\bar{h} < \bar{h}_{\text{пр}}$ . Углеводороды термически неустойчивы, поэтому при значительных изменениях состава газа необходимо стремиться к  $K_{\bar{n},\bar{a}} \approx 1,2$ .

В работе [1,70] предложена зависимость температуры  $T_{\bar{a}}$ , К, от плотности сжигаемого газа  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, полученная для котла ДЕ-25-14-225ГМ с горелкой ГМП-16 для условия проникновения струй газа в воздушный поток на расчётную глубину с учётом допустимого отклонения  $K_{\bar{n},\bar{a}} \approx 1,2$  в следующем виде

$$T_{\bar{a}} = 142,8 \cdot \rho + 190. \quad (6)$$

Изменение  $T_{\bar{a}}$  в соответствии с зависимостью (6) для рассматриваемого котельного агрегата позволяет поддерживать глубину проникновения струй газа в воздушный поток с отклонением в пределах 20% от расчетного значения. На рисунке 1.б показана зависимость отклонения глубины проникновения струи газа в поток воздуха  $\Delta\bar{h}$ , %, от плотности  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, для различных газовых смесей при температурах  $T_{\bar{a}} = 293$  К и  $T_{\bar{a}} = 142,8 \cdot \rho + 190$  К.

Из рисунка 1.б видно, что для ВГР НПЗ, состоящих из смеси предельных и непредельных углеводородов с водородом при их плотности более 1,4 кг/м<sup>3</sup> глубина проникновения струи газа меняется более чем на 20% от требуемого значения, что приводит к ухудшению условий смешения газа с воздухом. Поддержание температуры газа по формуле (6) обеспечивает качественное перемешивание газа с воздухом.

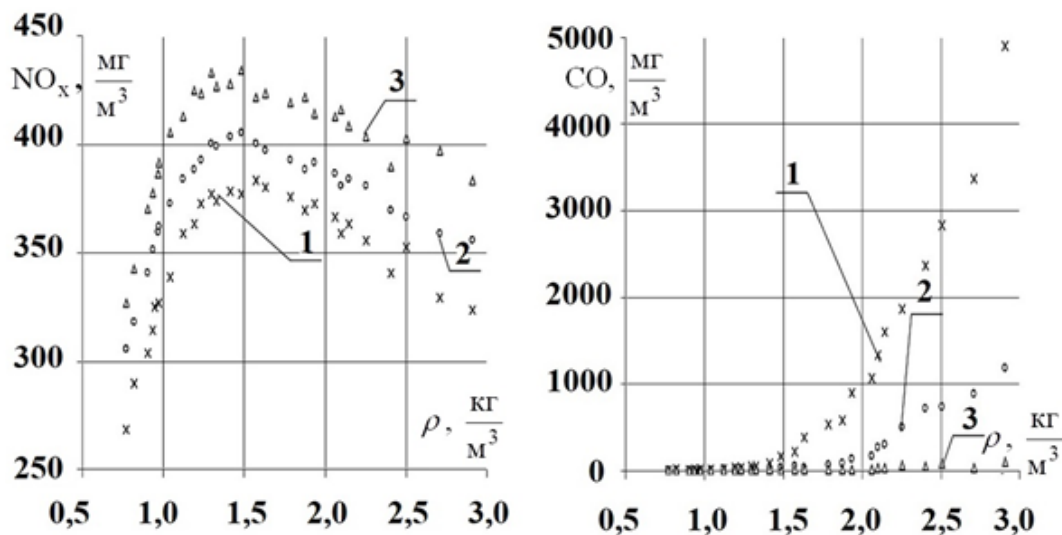
Экологические и теплообменные характеристики факела имеют взаимосвязь с показателями экономичности использования топлива. В работе [1,115] приведены результаты теплотехнических испытаний котла ДЕ-25-14-225ГМ, работающего на ВГР НПЗ с низшей теплотой сгорания  $Q_i^{\text{д}} = 35 \dots 140$  МДж/м<sup>3</sup>, и плотностью  $\rho = 0,7 \dots 3,0$  кг/м<sup>3</sup>. Анализ зависимостей выхода CO и NO<sub>x</sub> от параметров газа и режима его сжигания позволил оценить влияние параметров газа – плотности и температуры, на другие характеристики факела – температуру, интенсивность выгорания и химическую длину.

Как известно из курса теории горения, образование оксидов азота зависит от концентрации кислорода, температуры факела и времени нахождения реагентов в зоне высоких температур. Опробование метода регулирования качества перемешивания газа с воздухом в горелке ГМП-16 проводилось при постоянном коэффициенте избытка воздуха, поэтому изменение концентрации оксидов азота на выходе из котла показало наличие изменения температуры факела и (или) интенсивности выгорания топлива.

Интенсивность образования монооксида углерода зависит от концентрации кислорода в объёме топливовоздушной смеси, интенсивности процессов смесеобразования и выгорания топлива. Изменение интенсивности образования монооксида углерода при неизменном значении коэффициента избытка воздуха в теплотехнических испытаниях показало наличие изменения интенсивности выгорания топлива, зависящей от смесеобразования.

На рисунке 2 изображена зависимость выхода оксидов азота  $\text{NO}_x$ ,  $\text{мг/м}^3$ , окиси углерода  $\text{CO}$ ,  $\text{мг/м}^3$ , от плотности сжигаемого газа  $\rho$ ,  $\text{кг/м}^3$ , при его постоянной температуре. Концентрация  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}$  приведена к коэффициенту избытка воздуха  $\alpha = 1$ . Ряды данных 1, 2, 3 образованы значениями концентраций  $\text{NO}_x$  в продуктах сгорания при постоянной температуре сжигаемого газа равной 40, 90, 140 °С соответственно. Ряды данных 1, 2, 3 для  $\text{NO}_x$  можно разделить на три участка: участок роста концентрации, соответствующий плотности газа 0,7...1,3  $\text{кг/м}^3$ , участок перегиба, соответствующий плотности 1,3...1,5  $\text{кг/м}^3$ , и участок уменьшения концентрации, соответствующий плотности газа более 1,5  $\text{кг/м}^3$ .

Рост концентрации  $\text{NO}_x$  на первом участке можно объяснить увеличением адиабатической температуры горения на фоне удовлетворительного смесеобразования. Далее на участке перегиба усиливается влияние ухудшения качества смесеобразования над влиянием роста адиабатической температуры горения. Снижение концентрации  $\text{NO}_x$  на третьем заключительном участке указывает на значительное ухудшение процессов смесеобразования и снижение интенсивности выгорания газа.



**Рисунок 2.** Зависимость выхода оксидов азота  $\text{NO}_x$ ,  $\text{мг/м}^3$ , окиси углерода  $\text{CO}$ ,  $\text{мг/м}^3$ , от плотности сжигаемого газа,  $\text{кг/м}^3$ , при его постоянной температуре: 1 – 40 °С; 2 – 90 °С; 3 – 140 °С

Ряды данных 1, 2, 3 для СО имеют разный угол наклона. С увеличением температуры сжигаемого газа происходит значительное снижение количества СО в продуктах сгорания в связи с интенсификацией процессов перемешивания газа и воздуха. Следует отметить, что даже при самых больших плотностях сжигаемого газа сажевое число по шкале Бахараха не изменялось и было равным нулю.

Рекомендации по практическому применению рассмотренного метода регулирования в промышленности возможна как при прямом определении плотности сжигаемых ВГР при помощи поточного плотномера, так и по косвенным признакам – тепловой нагрузке и давлению газа в горелке.

Второй способ регулирования можно реализовать при одной установленной на котлоагрегате горелке либо, при нагруженных одинаково нескольких горелках. Сущность второго способа заключается в следующем. Гидравлическое сопротивление газовой горелки определяется как местное сопротивление  $\Delta P_i$ , Па, которое находится по широко известной формуле

$$\Delta P_i = \xi \frac{w^2}{2} \rho_p, \quad (7)$$

где  $\xi$  – коэффициент местного сопротивления горелки,  $w$  – скорость газа, м/с,  $\rho_p$  – плотность газа при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>.

Расчёты показывают, что массовая низшая теплота сгорания ВГР НПЗ изменяется не более чем на 5% от среднего значения. Скорость газа в горелке  $w$ , при постоянной тепловой мощности котла, обратно пропорциональна плотности газа при рабочих условиях  $\rho_p$ . Плотность сжигаемого газа при постоянном давлении обратно пропорциональна его температуре  $T_{\tilde{a}}$ . Из вышеизложенного следует, что нагревая сжигаемый газ до температуры, обеспечивающей давление газа в горелке, которое соответствует данным режимной карты при текущей тепловой нагрузке, можно добиться расчетной дальнобойности газовых струй. При этом коэффициент отклонения дальнобойности газовых струй от расчетного значения  $K_{\tilde{a},\tilde{n}}$  будет стремиться к 1. С учетом допустимости поддержания  $K_{\tilde{a},\tilde{n}} \approx 1,2$  давление газа на горелку при равной тепловой мощности может быть снижено на некоторую величину  $\Delta P$ , Па, определяемую режимной наладкой.

**Список литературы:**

1. Кулагин, А. Ю. Регулирование топочных процессов и повышение эффективности сжигания углеводородных газов переменного состава в горелках с нерегулируемыми параметрами: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.04: защищена 28.05.2010: утв. 08.10.2010 / Кулагин Алексей Юрьевич. – Екатеринбург: 2010. – 143 с.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**

**Кулагин Алексей Юрьевич,**

кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
Оренбургская область, г. Орск

**ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF INDUSTRIAL BOILERS IN OIL  
REFINING GASES COMBUSTION**

***Аннотация:** В статье приведены результаты практического исследования процесса сжигания газов нефтепереработки в промышленной котельной.*

***Ключевые слова:** Горелка, сжигание, топочный процесс, экология.*

***Abstract:** The article presents the results of a practical study of the process of combustion of refinery gases in industrial boilers.*

***Key words:** Burner, combustion, furnace process, ecology.*

Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) оказывают заметное негативное влияние на состояние воздушного бассейна. По загрязнению атмосферного воздуха НПЗ занимают шестое место среди предприятий других отраслей промышленности [1,18]. Основными загрязнителями атмосферы на НПЗ являются два вида топливосжигающих устройств: трубчатые печи технологических установок и котельные агрегаты производственных котельных установок. Этим объясняется большая актуальность разработки для технологических печей и котельных агрегатов методов сжигания топлива с минимальным выбросом в атмосферу загрязняющих веществ.

Общие и вредные выбросы с продуктами сгорания топлива являются основными экологическими показателями топливосжигающих агрегатов НПЗ. В топливосжигающих устройствах НПЗ величины выбросов определяются, с одной стороны, спецификой работы этих устройств, и с другой, – характеристиками развития факела в их топках.

Удельная величина вредных выбросов имеет зависимость от удельного расхода топлива на перерабатываемую продукцию НПЗ и теплового КПД топливосжигающих устройств.

В качестве основного топлива на НПЗ используется в основном собственный газ, природный газ и, реже, мазут, доля которого при высокой глубине переработки нефти минимальна.

Основными вредными выбросами с продуктами сгорания газов нефтепереработки являются оксиды азота, окись углерода, сажистый углерод, полициклические углеводороды – 1,2-бенз(а)пирен и прочие. При наличии сероводорода в газе дополнительно появляются оксиды серы.

Рассмотрение проблемы вредных выбросов с точки зрения их уменьшения при сжигании попутных газов переработки нефти в топливосжигающих устройствах нефтеперерабатывающих заводов позволяет сделать следующие основные выводы. Содержание монооксида углерода СО в продуктах сгорания регламентируется требованиями ГОСТ 21204-97 на промышленные горелочные устройства. Вышеуказанный стандарт ограничивает концентрацию СО до 0,05 объёмных процента в сухих продуктах сгорания при коэффициенте избытка воздуха равным единице. Такая величина содержания СО вполне достижима и приемлема, как с точки зрения техники сжигания, так и с точки зрения предельно допустимых выбросов. Содержание частиц сажи в продуктах сгорания газообразного топлива не нормируется по причине их практически полного отсутствия. Эксплуатация горелок, которые образуют коптящее пламя, запрещается. Снижение выбросов диоксида и триоксида серы, если в исходном топливе содержатся соединения серы, например, в виде сероводорода, невозможно, так как баланс по сере остается постоянным. Но существуют режимные методы снижения доли триоксида серы в общем объёме оксидов серы [1,33]. Исключить загрязнение атмосферы оксидами серы возможно путём предварительной очистки попутных газов НПЗ до их сжигания в котлах и печах.

Качественная организация процесса смесеобразования в горелках при значениях коэффициента избытка воздуха 1,05 и более сводит образование полициклических ароматических углеводородов к ничтожно малым величинам, вносящим весьма незначительный вклад в суммарную токсичность продуктов сгорания.

При сжигании попутных газов переработки нефти образуются «быстрые» и термические оксиды азота. Количественное соотношение указанных видов оксидов азота зависит от способа сжигания газа, максимальных локальных температур и времени пребывания продуктов сгорания в высокотемпературной зоне. Для мощных котлов и трубчатых печей нефтеперерабатывающих заводов основное количество оксидов азота образуется по «термическому механизму»

путём окисления молекулярного азота атомарным кислородом с последующей реакцией молекулярного кислорода с атомарным азотом.

В состав попутных газов переработки нефти входят водород, непредельные и предельные углеводороды до пентана включительно. В связи с тем, что пентан конденсируется при температуре порядка 36 °С, в схемах газоснабжения топливосжигающих устройств НПЗ устанавливают подогреватели. Температура топливного газа после подогревателей поддерживается постоянной на уровне порядка 150 °С из расчёта предотвращения конденсации самых тяжёлых компонентов. Повышение температуры сжигаемого газа имеет несколько важных аспектов, изучение и практическое использование которых позволяет влиять на характеристики факельных процессов.

В производственной котельной ПАО «Орскнефтеоргсинтез» проведены исследования влияния температуры попутных газов переработки нефти на работу горелок с радиальной выдачей газовых струй в закрученный поток воздуха [1]. Горелки такого типа широко используются в различных конструкциях трубчатых печей технологических установок и производственных котлов.

В течение экспериментов в производственной котельной ПАО «Орскнефтеоргсинтез» в котлах марки ДЕ-25-14-225ГМ сжигалась смесь предельных углеводородов, полученная в результате перемешивания природного газа с попутными газами переработки нефти. Топливный баланс НПЗ менялся в зависимости от изменения количества и качества собственных вторичных горючих ресурсов и количества потребляемого природного газа. Это приводило к существенному изменению низшей теплоты сгорания сжигаемого газа  $Q_i^{\phi} = 35...140$  МДж/м<sup>3</sup>, и плотности  $\rho = 0,7...3,0$  кг/м<sup>3</sup>. Для поддержания постоянного коэффициента избытка воздуха использовались стационарные анализаторы кислорода в продуктах сгорания, которые установлены в газоходе между собственно котлом котлом и экономайзером.

Опыт эксплуатации производственных котлов на неподогретых тяжёлых газах показал, наличие ухудшения перемешивания газа с воздухом, при этом цвет факела менялся с фиолетового на соломенный. Ухудшение смесеобразования приводило к увеличению химической длины факела и затягиванию его в конвективную часть котла. В результате резкого охлаждения факела в продуктах сгорания появлялась окись углерода СО (но сажа отсутствовала), снижалась экономичность котла и увеличивалось загрязнение атмосферы.

Нагрев сжигаемого газа до температуры 140...160 °С перед его подачей на горелки интенсифицировал перемешивание газа с воздухом, при этом цвет факела становился фиолетовым со светло-желтыми языками, а его химическая длина уменьшалась. Нагрев сжигаемого газа до высокой температуры вызывал увеличение эмиссии оксидов азота NO<sub>x</sub> на 10...20 %.

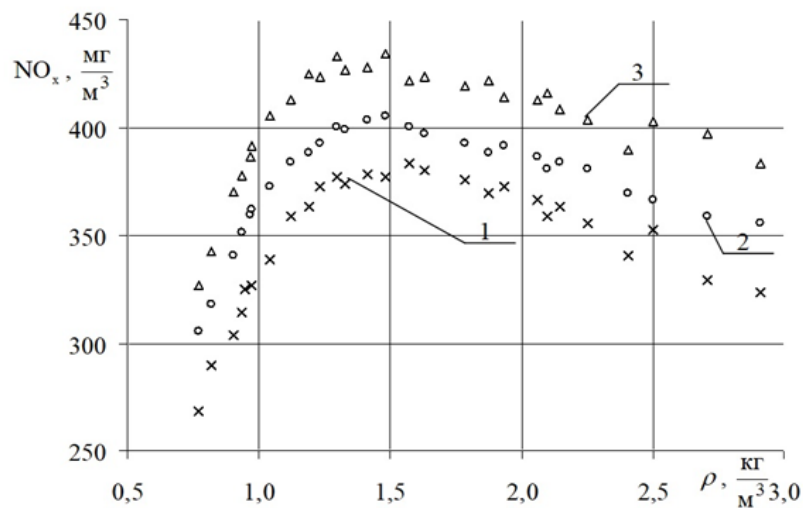
Это позволило сделать вывод о наличии потребности определения необходимой и достаточной температуры сжигаемого газа переработки нефти, которая обеспечивает минимальное количество выбросов  $\text{NO}_x$  без значительного увеличения выбросов  $\text{CO}$  [1,110].

Выше было отмечено, что экологические и теплообменные характеристики факелов горелок взаимосвязаны с показателями экономичности использования топлива в котлах и печах. Рассмотрение зависимостей образования окисей углерода и азота от параметров топливного газа и режима его сжигания позволяет оценить влияние плотности и температуры газа, на такие характеристики факела как температура, интенсивность выгорания и химическая длина.

На интенсивность эмиссии оксидов азота влияет концентрация кислорода, температура факела и время нахождения реагентов в зоне высоких температур. Исследования влияния температуры сжигаемого газа на экологические характеристики факела проводилось при постоянном коэффициенте избытка воздуха, поэтому изменение концентрации оксидов азота на выходе из котла свидетельствует об изменении температуры факела и (или) интенсивности выгорания газа.

На интенсивность эмиссии монооксида углерода влияет концентрация кислорода в объёме смеси газа и воздуха, интенсивность процессов перемешивания и выгорания газа. Так как теплотехнические испытания проводились при постоянном коэффициенте избытка воздуха, значит, изменение концентрации монооксида углерода на выходе из котельного агрегата указывает на изменение интенсивности выгорания топлива, которая зависит от смесеобразования.

На рисунке 1 представлена зависимость эмиссии оксидов азота  $\text{NO}_x$ , мг/м<sup>3</sup>, от плотности сжигаемого газа, кг/м<sup>3</sup>, при его постоянной температуре по [1,115]. Концентрация оксидов азота  $\text{NO}_x$  приведена к коэффициенту избытка воздуха. Ряды данных образованы значениями концентраций  $\text{NO}_x$  в продуктах сгорания при постоянной температуре сжигаемого газа: ряд 1 соответствует температуре 40 °С, ряд 2 – 90 °С и ряд 3 – 140 °С. Ряды данных 1, 2, 3 условно можно разделить на три участка: участок роста концентрации, который соответствует плотности газа 0,7...1,3 кг/м<sup>3</sup>, участок перегиба, соответствующий плотности 1,3...1,5 кг/м<sup>3</sup>, и участок уменьшения концентрации, который соответствует плотности газа более 1,5 кг/м<sup>3</sup>.



**Рисунок 1.** Зависимость выхода оксидов азота  $NO_x$ ,  $mg/m^3$ , от плотности сжигаемого газа  $\rho$ ,  $kg/m^3$ , при его постоянной температуре: 1 – 40 °C; 2 – 90 °C; 3 – 140 °C

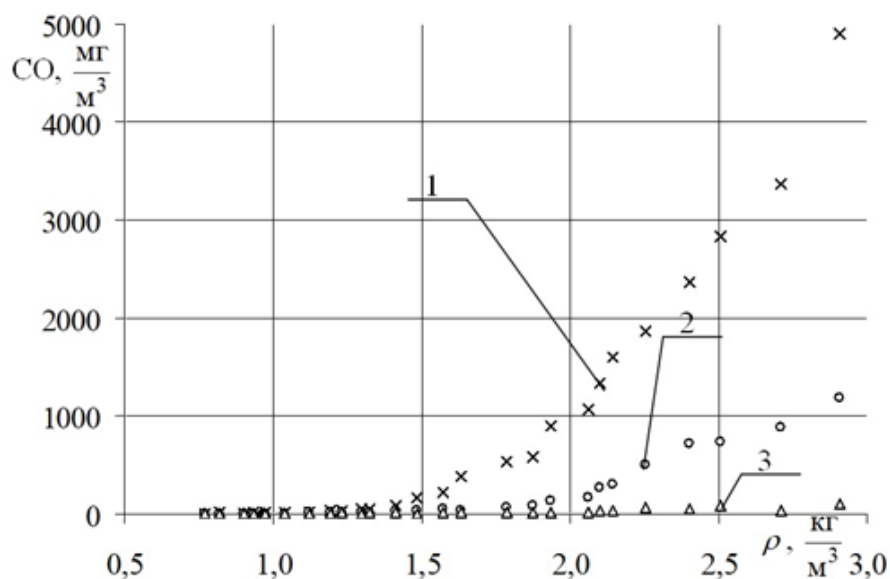
В работе [1,115] увеличение концентрации  $NO_x$  на первом участке связывается с увеличением адиабатической температуры горения на фоне удовлетворительного смесеобразования.

На участке перегиба усиливается влияние ухудшения смесеобразования над влиянием роста адиабатической температуры горения. По расчётам [1,70] при плотности сжигаемого газа  $1,3 \dots 1,5 \text{ kg/m}^3$  глубина проникновения газовых струй в поток воздуха отклоняется более чем на рекомендуемую величину 15...20 %. Это является причиной ухудшения процесса перемешивания газа и воздуха.

Снижение концентрации  $NO_x$  на третьем участке объясняется значительным ухудшением процессов смесеобразования и снижением интенсивности выгорания газа.

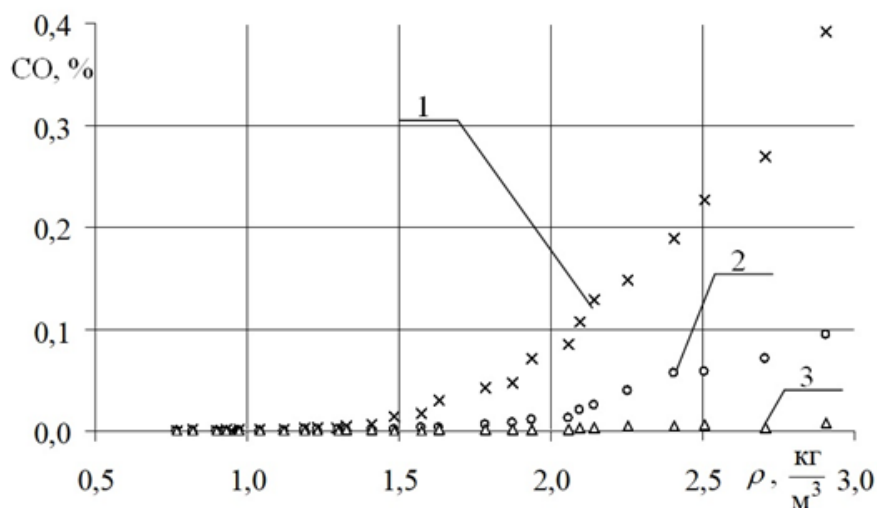
На рисунке 2 показана зависимость эмиссии монооксида углерода  $CO$ ,  $mg/m^3$ , от плотности сжигаемого газа  $\rho$ ,  $kg/m^3$ , при его постоянной температуре. Концентрация монооксида углерода  $CO$  приведена к коэффициенту избытка воздуха  $\alpha = 1$ . Ряды данных образованы значениями концентраций  $CO$  в продуктах сгорания при трёх разных температурах сжигаемого газа: ряд данных 1 соответствует температуре 40 °C, ряд данных 2 – 90 °C, ряд данных 3 – 140 °C. Аппроксимирующие к рядам данных 1, 2, 3 кривые имеют разный угол наклона. При увеличении температуры сжигаемого газа происходит значительное снижение количества монооксида углерода  $CO$  в продуктах сгорания в связи с интенсификацией процессов перемешивания газа и воздуха. Сажа в продуктах сгорания даже при самых больших плотностях сжигаемого газа отсутствовала.





**Рисунок 2.** Зависимость выхода окиси углерода  $\text{CO}$ ,  $\text{мг}/\text{м}^3$ , от плотности сжигаемого газа  $\rho$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , при его постоянной температуре: 1 – 40 °С; 2 – 90 °С; 3 – 140 °С

Если пересчитать концентрацию монооксида углерода  $\text{CO}$  в продуктах сгорания из  $\text{мг}/\text{м}^3$  в объёмное содержание, то мы получим зависимости  $\text{CO}$ , %, от  $\rho$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , которые показаны на рисунке 3. Из рисунка 3 видно, что при сжигании углеводородных газов без предварительного подогрева объёмное содержание  $\text{CO}$ , %, начиная с  $\rho \approx 1,6 \dots 1,7 \text{ кг}/\text{м}^3$  превышает норму, установленную ГОСТ 21204-97.



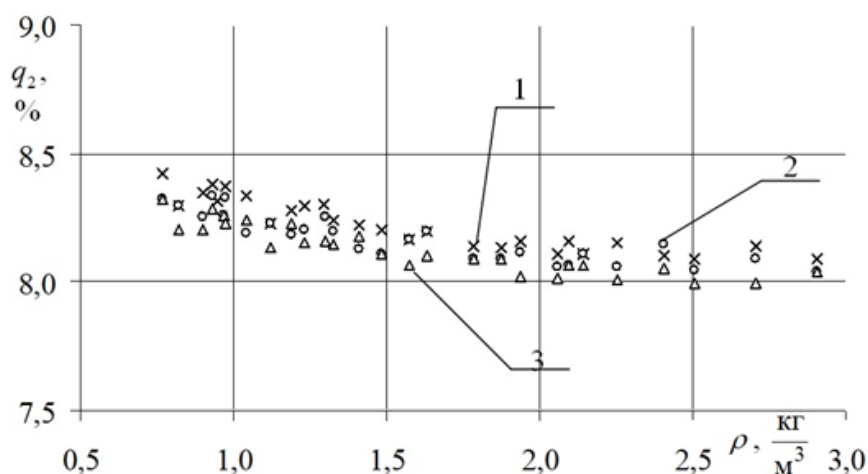
**Рисунок 3.** Зависимость выхода окиси углерода  $\text{CO}$ , % об., от плотности сжигаемого газа  $\rho$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , при его постоянной температуре: 1 – 40 °С; 2 – 90 °С; 3 – 140 °С

Эффективность использования топлива в котлах при сжигании попутных газов переработки нефти связана с потерями тепла с уходящими газами  $q_2$ , %, и от химической неполноты сгорания топлива  $q^3$ , %.

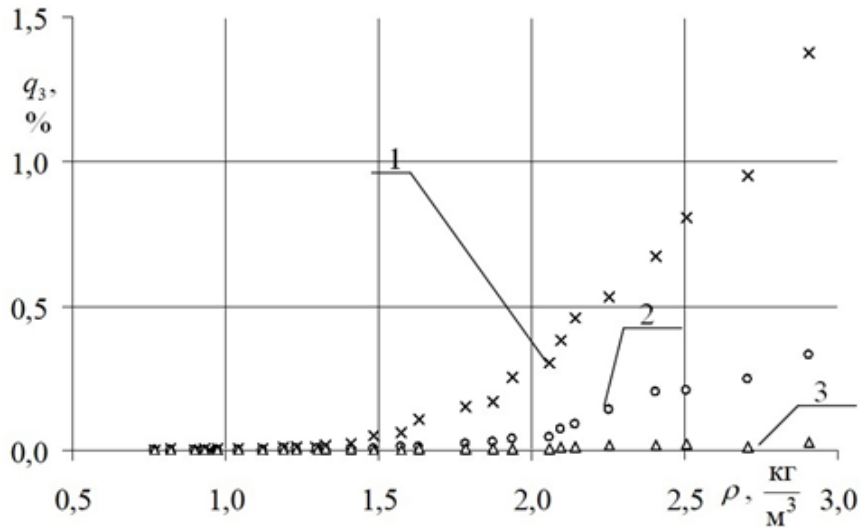
Расчётные [1,60] и практические [1,118] данные показывают, что при сжигании газов НПЗ с постоянной температурой  $T_g$ , К, температура уходящих газов практически не изменяется в зависимости от плотности  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>.

Потери тепла с уходящими газами  $q_2$ , %, представлены на рисунке 4. Профиль зависимости экспериментальных значений  $q_2$ , %, от  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, совпадает с расчётными данными [1,61].

Если пересчитать значения концентраций монооксида углерода CO, мг/м<sup>3</sup>, в продуктах сгорания в потери тепла от химической неполноты сгорания, то получим зависимости  $q^3$ , %, от  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, представленные на рисунке 5. Из рисунка 5 видно, что при сжигании газов НПЗ без подогрева  $q^3$  начиная с  $\rho \approx 2,2...2,3$  кг/м<sup>3</sup> превышает норму, установленную ГОСТ 21204-97.

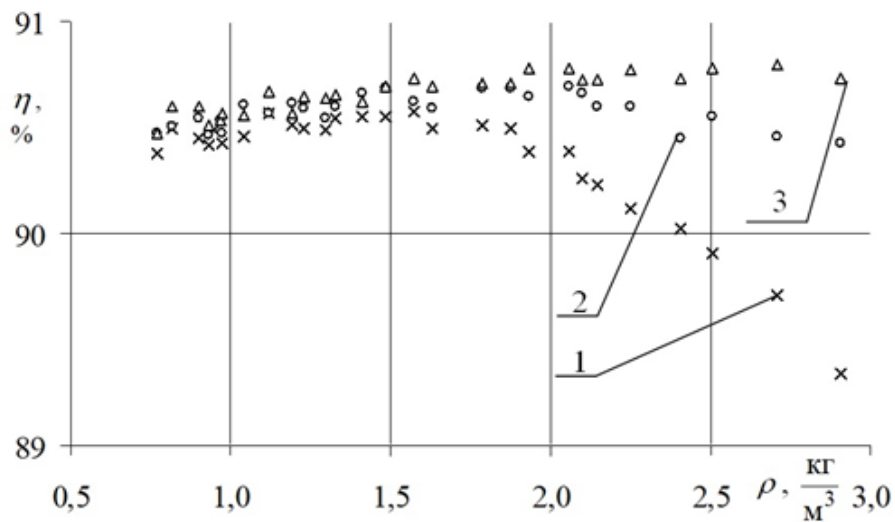


**Рисунок 4.** Зависимость потерь тепла с уходящими газами  $q_2$ , %, от плотности сжигаемого газа,  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, при его постоянной температуре: 1 – 40 °С; 2 – 90 °С; 3 – 140 °С



**Рисунок 5.** Зависимость потерь тепла от химической неполноты сгорания топлива  $q_3$ , %, от плотности сжигаемого газа,  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, при его постоянной температуре: 1 – 40 °С; 2 – 90 °С; 3 – 140 °С

Совокупность изменений потерь тепла с уходящими газами  $q_2$ , %, и от химической неполноты сгорания топлива  $q_3$ , %, дает зависимость КПД котла от  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, при постоянной температуре сжигаемого газа.



**Рисунок 6.** Зависимость КПД котла  $\eta$ , %, от плотности сжигаемого газа  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, при его постоянной температуре: 1 – 40 °С; 2 – 90 °С; 3 – 140 °С

Таким образом, при сжигании попутных газов переработки нефти при  $\text{кг/м}^3$ , КПД котельного агрегата снижается на 1...1,5 %.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что поддержание постоянно высокой температуры газа, необходимой для обеспечения хороших условий перемешивания газа и воздуха при наиболее неблагоприятных условиях, то есть для наиболее тяжелых газов, ведёт к неоправданному повышению эмиссии  $\text{NO}_x$  (на 20 %) при низких значениях плотностей газа. То есть, можно говорить о существовании оптимального значения температуры газа, подаваемого на горелку, соответствующего определенному значению его плотности.

#### Список литературы:

1. Кулагин А. Ю. Регулирование топочных процессов и повышение эффективности сжигания углеводородных газов переменного состава в горелках с нерегулируемыми параметрами: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.04: защищена 28.05.2010: утв. 08.10.2010 / Кулагин Алексей Юрьевич. – Екатеринбург: 2010. – 143 с.

## ИЗОЛЯЦИЯ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Нагорный Федор Денисович,**

кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,

Оренбургская область, г. Орск

**Нагорная Вера Павловна,**

Восточное ПО филиала ПАО «МРСК-Волги» – «Оренбургэнерго»,

Оренбургская область, г. Орск

## INSULATION OF POWER CABLES DC

**Аннотация:** В статье дается обзор основных видов изоляций силовых кабелей постоянного тока. Анализируются основные характеристики изоляции, и показаны перспективы использования ее в электроэнергетике.

**Ключевые слова:** Экструдирование, изоляция, полиэтилен, объемный заряд, элегаз.

**Abstract:** The article provides an overview of the main types of power cable insulation DC. Analyzes the main characteristics of insulation and shows prospects of using it in the power industry.

**Key words:** Extruding the insulation, polyethylene, space charge, sulfur hexafluoride.

Экструдированная твердая изоляция на основе полиэтилена или сшитого полиэтилена в течение уже пятидесяти лет используется для изоляции кабелей, работающих на переменном токе. Приблизительно столько же времени исследуется возможность использования этого вида изоляции для кабелей постоянного тока.

Кабели с такой изоляцией на постоянном токе обладают преимуществами:

- отсутствуют диэлектрические потери в изоляции,
- возможность работы практически на любом высоком напряжении,
- высокая пропускная плотность передаваемой энергии,
- температура на поверхности токонесущих жил около 90°C.

Характеристики такой изоляции могут быть существенно улучшены различными добавками во время технологических процессов изготовления изоляции кабелей высокого напряжения. Такие диэлектрические материалы обладают высоким удельным сопротивлением (до 10<sup>14</sup> Ом•м) и очень низкой теплопроводностью. Низкая теплопроводность мешает отводу тепла от токонесущих жил во время токов короткого замыкания и существенных перегрузок кабельных линий. Подъем температуры свыше 90°C провоцирует старение полиэтиленовой изоляции, сокращает срок службы линий постоянного тока.

В изоляции кабелей на постоянном токе со временем может накапливаться объемный заряд. Источником инжекции зарядов являются поверхностные дефекты в изоляции на границе с металлическими токопроводящими жилами. Они под действием постоянного электрического поля в виде заряженных частиц проникают вглубь диэлектрика. Электрическое поле объемных зарядов искажает общую электрическую напряженность в толще изоляции, создает предпосылки для пробоя изоляции при перенапряжениях в линии.

В настоящее время предложены технологии изготовления экструдированной изоляции с внесением различных добавок для получения новых характеристик изоляции, в том числе для регулирования электрического поля и распределения объемного электрического заряда в толще изоляции.

Прогнозируемый срок службы кабельной изоляции на полимерной основе составляет 25 – 30 лет. Провести испытания кабеля в течение такого срока практически невозможно. Старение изоляции зависит от многих случайных факторов: изменение температуры окружающей среды, влажности, давления и воздействия перенапряжения в линии.

Первый в мире подводный кабель постоянного тока с экструдированной изоляцией на напряжение ±200кВ проложен через залив Сан-Франциско в США в 2009 – 2010 годах.

Силовые кабели на напряжение 220 – 400кВ постоянного тока изготавливают с круглыми жилами из алюминия. Их изоляция состоит из кабельной бумаги, пропитанной вязкими изоляционными составами. С целью увеличения

электрической прочности изоляции кабелей постоянного тока высокого напряжения применяют тонкую уплотненную бумагу у токопроводящей жилы и под оболочкой, а в средней части изоляции – бумагу большей толщины.

Длительно допустимые рабочие напряженности электрического поля для кабеля постоянного тока значительно выше, чем для кабеля переменного тока, и составляют 30кВ/мм для кабелей с вязкой пропиткой.

Для газовой изоляции силовых кабелей используют сжатый элегаз или смесь азота с элегазом под давлением 0,25 МПа (кабели низкого давления) или до 1,5 МПа (кабели высокого давления). Электрическая прочность элегаза (SF<sub>6</sub> – гексофторид серы) при атмосферном давлении превышает прочность азота и воздуха в 2,5 раза. При увеличении давления электрическая прочность элегаза выше электрической прочности твердых и жидких диэлектриков, например, минерального масла.

Наибольшее рабочее давление и, следовательно, наибольший уровень электрической прочности в изоляционной конструкции, ограничиваются возможностью сжижения газа при низких температурах. Так, температура сжижения элегаза при давлении 0,3 МПа составляет – 45°С, а при 0,5 МПа повышается до -30°С. Такие температуры у отключенного оборудования наружной установки вполне возможны во многих районах России. В связи с этим большой интерес представляют смеси элегаза с азотом, у которых электрическая прочность лишь на 10-15 % ниже прочности чистого элегаза, а допустимое давление резко возрастает. Так, например, у смеси из 30 % элегаза и 70% азота сжижение при температуре -45°С наступает при давлении 8 МПа. Таким образом, рабочее давление для смесей оказывается примерно 30 раз выше, чем для чистого элегаза.

Для крепления токоведущих частей в комбинации с элегазом используются опорные изоляционные конструкции из литой эпоксидной изоляции. Качество таких опорных изоляторов и особенно их длительная электрическая прочность зависят от технологии подготовки материалов и заливки.

Элегазовая изоляция может быть использована только в герметичных конструкциях. В современных электрических устройствах утечка элегаза не превышает 1 % общей массы в год.

Высокая надежность элегазовой изоляции, как показывает опыт эксплуатации, обеспечивается при условии очень тщательной очистки от загрязнений всех элементов конструкции, соприкасающихся с элегазом.

В настоящее время основной областью применения элегазовой изоляции являются комплектные распределительные устройства на напряжение 110 – 400кВ, наибольшее рабочее давление элегаза в которых 0,3 МПа.

Элегаз является не только хорошей изолирующей, но и хорошо дугогасящей средой, быстро восстанавливающей свою электрическую прочность после погасания дуги.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И СУХИЕ СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ**

**Потехин Евгений Александрович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Белянцева Наталья Валентиновна,**

старший преподаватель кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### **ENERGY-SAVING AND DRY POWER TRANSFORMERS**

***Аннотация:** В статье раскрывается актуальность применения новейших материалов и технологий по снижению магнитных потерь в трансформаторах.*

***Ключевые слова:** силовой трансформатор, энергосбережение, распределительный трансформатор.*

***Abstract:** The article reveals the urgency of using the latest materials and technologies to reduce magnetic losses in transformers.*

***Key words:** power transformer, energy saving, distribution transformer.*

Конструкция силовых трансформаторов, состоящих из магнитопровода, обмоток и бака (для масляных трансформаторов), уже более столетия остается практически неизменной. Основные изменения происходят в области применяемых материалов и в технологии производства, как его отдельных частей, так и трансформатора в целом. Так, на смену маркам горячекатаной электротехнической стали пришли холоднокатаные, для обмоток вместо меди стали использовать алюминий, изменился также способ шихтовки магнитопровода – вместо «прямого стыка» стали применять «косой стык», а толстостенный бак с расширителем уступил место герметичному тонкостенному гофрированному баку. Кроме того, за последние 40 лет вместо масляных все более широкое применение получили сухие силовые пожаро- и экологически безопасные типы трансформаторов напряжением класса 10 и 35 кВ с низким уровнем потерь холостого хода и короткого замыкания.

Наконец, в последние 10 лет, в связи с все более возрастающими (особенно в странах ЕС) требованиями к энергосбережению исключительную актуальность приобрела проблема крупномасштабного применения энергоэффективных силовых трансформаторов, в особенности распределительных трансформаторов (РТ), то есть с магнитопроводом, изготовленным из аморфного (нанокристаллического) сплава с очень низким уровнем потерь электроэнергии.

Повышенный интерес к энергоэффективным силовым трансформаторам с магнитопроводом из аморфного сплава возник в связи с тем, что общие потери энергии в трансформаторах являются очень большими, вследствие необходимости многократно трансформировать электроэнергию при ее передаче на большие расстояния по распределительным сетям. Это возможно осуществить только путем установки в них большого количества трансформаторов, в результате чего общая мощность трансформации в распределительных сетях в 7–8 раз превышает общую мощность генерации. В таких сетях ещё 20...25 лет тому назад были установлены и по настоящее время продолжают успешно работать при полной нагрузке трансформаторы с КПД около 99%, однако даже при столь высоком КПД в каждом из этих трансформаторов за 40-летний срок службы выделяются в виде тепла значительные электрические потери на гистерезис и вихревые токи. Например, в магнитопроводе трансформатора мощностью 25 кВт, изготовленном из текстурированной железокремнистой электротехнической трансформаторной стали (ЭТС), постоянно, независимо от нагрузки, теряется 85 Вт, что за 40 лет эксплуатации трансформатора составляет 30 МВт·ч электроэнергии, стоимость которой равна его первоначальной стоимости. Единственный способ существенного снижения потерь холостого хода в трансформаторах мощностью 25...100 кВ·А – это применение магнитопроводов, изготовленных из аморфных сплавов, что позволяет примерно в четыре раза снизить такие потери по сравнению с трансформаторами с магнитопроводами, в которых используется лучшие марки холоднокатаной стали (ХКС).

Поэтому, используя приведенные в Энергетической стратегии России на период до 2030 г. данные о ежегодном потреблении в России электроэнергии оказалось, что потери составят около 1000 млрд. кВт·ч. При оценке общей суммы затрат на возмещение потерь холостого хода в российских распределителях, а это порядка 32 млрд. USD в год, всецело поддержали предложения, содержащиеся в Распоряжении Правительства РФ от 1.12.2009 г., о замене трансформаторов с магнитопроводами из электротехнической стали энергоэффективными трансформаторами.

Учитывая исключительно важное значение для нужд народного хозяйства энергоэффективных трансформаторов, рассмотрим более подробно основные особенности конструкции, технологии производства и характеристики таких трансформаторов.



### **Сухие силовые трансформаторы.**

В настоящее время подавляющее большинство зарубежных и отечественных компаний производят герметичные, полностью помещенные в герметичный кожух, защищенные и незащищенные защитным кожухом типы сухих силовых трансформаторов по вакуумной или безвакуумной (ровинговой) технологиям.

По этой технологии готовые обмотки трансформатора заливают в вакууме предварительно подготовленным в вакууме эпоксидным компаундом с кварцевым наполнителем, что позволяет исключить из состава изоляции обмоток различные примеси и газовые микрополости и, тем самым, существенно повысить диэлектрическую прочность изоляции по отношению к частичным разрядам, вызывающим ее быстрое старение и снижающим срок ее службы. В результате применения такой вакуумной обработки обмотка трансформатора покрывается прочной, закрытой со всех сторон эпоксидной оболочкой толщиной 5...20 мм, которая придает ей необходимую жесткость и надежно защищает от влаги и воздействия агрессивной среды.

Отличительной особенностью обмотки низкого напряжения сухих силовых трансформаторов, изготовленных по вакуумной технологии, является то, что она, после предварительной пропитки и последующей вакуумной обработки, приобретает достаточно высокую механическую прочность, позволяющую ей не только сохранять целостность трансформатора при температурных деформациях и аварийных токах КЗ, многократно превышающих номинальный рабочий ток трансформатора, но и на порядок снизить в обмотке потери на вихревые токи по сравнению с потерями в обмотках обычного исполнения.

Магнитопровод сухих силовых трансформаторов также имеет определенную особенность: он изготавливается из магнитной пластины с ориентированной зернистой структурой, которая защищена от удельных потерь энергии и обладает высокой магнитной проницаемостью. Кроме того, составные части магнитопровода в процессе его изготовления располагаются под углом 45° с перекрывающимися соединениями по технологии «Step Lap», обеспечивающей значительное (на 20...30%) снижение магнитных потерь, а также низкий уровень шума трансформатора.

Сухие силовые трансформаторы с обмотками, изготовленными по вакуумной технологии, получили название CAST RESIN TRANSFORMERS (сокращенно CAST RESIN).

### **Производство сухих силовых трансформаторов.**

При производстве сухих трансформаторов по безвакуумной технологии, впервые разработанной в конце 1970-х годов компанией ASEA-LEPPER (настоящее название ABB), обмотку высокого напряжения трансформатора изготавливают путем поочередного наматывания слоя обмотки на стержень маг-

нитепровода «намокро» при атмосферном давлении и межслоевой изоляции, состоящей из ровинга, насыщенного эпоксидным компаундом без наполнителя.

Трансформаторы с обмотками, выполненными по безвакуумной технологии, получили фирменное название «РЕЗИБЛОК», которое отражает тот факт, что обмотки такого трансформатора имеют вид монолитного блока, усилены стекловолокном, пропитанным эпоксидным компаундом, поэтому после последующей совместной термообработки способны выдерживать значительные токи короткого замыкания, не вызывающие возникновения трещин, что гарантирует долгий срок эксплуатации трансформаторов этого типа.

Общий вид сухого силового трансформатора типа RESIBLOC производства компании АВВ представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1**

При сравнительной оценке сухих силовых трансформаторов типа CAST RESIN и RESIBLOC, можно сделать следующие выводы: оба типа сухих силовых трансформаторов практически равноценны по пожаробезопасности, влаго- и химостойкости, а также по экологической безопасности. В то же время трансформаторы типа RESIBLOC способны превосходить трансформаторы типа CAST RESIN по механической прочности, динамической стойкости к силам КЗ, стойкости к действию высоких и низких температур и по некоторым другим характеристикам.

Таким образом, сухие силовые трансформаторы типа CAST RESIN и RESIBLOC имеют улучшенные массогабаритные характеристики и по таким важнейшим показателям, как надежность, экономичность, экологичность, стойкость к воздействию окружающей среды, гибкость, компактность, необслуживаемость, технологичность и др., превосходят многие типы традиционных конструкций силовых трансформаторов. Благодаря вышеуказанным преимуществам эти трансформаторы широко применяются в системах распределения электроэнергии в жилых, общественных, административных и бытовых зданиях,

а также на объектах с повышенным уровнем безопасности людей, оборудования и окружающей среды.

Энергоэффективные трансформаторы (трансформаторы с магнитопроводом из аморфного сплава).

Силовые трансформаторы с магнитопроводами из аморфных сплавов, за которыми прочно закрепилось несколько названий, таких как энергосберегающие, трансформаторы будущего, аморфные трансформаторы и др., имеют главное преимущество по сравнению с другими типами силовых трансформаторов: они обладают не просто высокой, а исключительно высокой энергоэффективностью, достигаемой за счет изготовления магнитопроводов из аморфных сплавов. Такие сплавы имеют очень низкие потери холостого хода, составляющие основную часть технических потерь в распределительных трансформаторах. В свое время применение технологии «Step Lap» при производстве сухих силовых трансформаторов, как отмечалось выше, обеспечило значительное (на 20...30%) снижение магнитных потерь, что явилось большим достижением. Использование же аморфных сплавов дает возможность совершить настоящий технологический прорыв в трансформаторостроении и сократить указанные потери еще на 75%.

Важно отметить, что эксперты, прогнозирувавшие в свое время производство распределительных трансформаторов с магнитопроводом из аморфного сплава только в будущем, называя их «трансформаторами будущего», ошиблись в сроках начала их производства. Такое производство осуществляется уже сейчас: ряд компаний не только на Западе, но и в России и в Украине разворачивают производство силовых трансформаторов с магнитопроводами из аморфного сплава. В частности, в Украине группа «Трансформер» сообщила, что изготовленные этой группой первые опытные образцы трансформаторов с магнитопроводом из аморфного сплава, один из которых показан на рисунке 2, будут установлены в сетях МРСК.



**Рисунок 2**

Прежде чем охарактеризовать особенности конструктивного исполнения энергосберегающих трансформаторов с магнитопроводом из аморфного сплава, рассмотрим вначале основные характеристики такого сплава. Аморфный (нанокристаллический) сплав представляет собой новый тип материала, который, в отличие от металла, обладающего кристаллической структурой, в которой атомы образуют упорядоченную, повторяющуюся трехмерную решетку, не имеет кристаллической структуры, то есть у него атомы расположены в произвольном порядке, и поскольку его структура напоминает структуру стекла, то аморфный сплав часто называют также стеклянным металлом. Отличительная особенность такого сплава – очень низкие потери на гистерезис и на вихревые токи.

Сплав системы FeSiB, имеет следующие отличительные особенности по сравнению с зарубежными аналогами:

- снижение стоимости шихтовых материалов на 40...50% по сравнению со сплавами Metglas;
- уменьшение (не менее чем вдвое) энергозатрат при производстве ленты за счет снижения температуры плавления на 50°C и уменьшение времени гомогенизации в 2 раза;
- увеличение производительности за счет уменьшения времени технологического цикла.

Специалисты ЦНИИ Чермета доказали, что толщина ленты может быть увеличена до 0,03...0,05 мм за счет оптимального легирования (улучшения стеклования) в 1,5–2 раза, а также, что возможно получение пластичной ленты при пониженном содержании элементов – аморфизаторов. Все это, безусловно, будет стимулировать производство энергосберегающих трансформаторов.

Основными препятствиями на пути крупномасштабного применения трансформаторов с магнитопроводом из аморфного сплава являются высокие затраты и сложные методы производства таких трансформаторов. Так, стоимость аморфных трансформаторов на 15...40% выше стоимости трансформаторов с магнитопроводом из кремнистой стали (в зависимости от класса используемой кремнистой стали). При этом имеет место следующая закономерность: чем выше энергоэффективность стали, используемой в магнитопроводе трансформатора, тем выше ее цена.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что еще имеются возможности для уменьшения потерь энергии в такой, казалось бы, изученной области, как изготовление и работа трансформаторов. И эти уменьшения потерь связаны только с применением новейших материалов для магнитопровода.

## **ВЕНТИЛЯЦИЯ БАССЕЙНОВ**

**Рожкова Ольга Николаевна,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### **VENTILATION OF SWIMMING POOLS**

***Аннотация:** В статье раскрыты вопросы проектирования вентиляции бассейнов и ее особенности. Рассмотрены принципы построения систем вентиляции, обеспечение требуемого микроклимата в помещениях. Так же рассмотрен вопрос энергосбережения при осуществлении вентиляции бассейнов, связанные с использованием рекуперации.*

***Ключевые слова:** Вентиляция бассейна, приточно-вытяжная установка, рекуперационная установка.*

***Abstract:** The article covers the design of ventilation of swimming pools and its features. The principles of building ventilation systems, providing the required microclimate in the premises are considered. The issue of energy saving in the implementation of ventilation of pools associated with the use of recuperation is also considered.*

***Keywords:** Ventilation of the pool, supply and exhaust installation, recuperation installation.*

Вентиляция бассейна должна обеспечивать ряд параметров, которые в совокупности создадут комфортные условия для пребывания в данном помещении человека в раздетом виде, среди них:

- уровень влажности не выше 65%;
- температура воздуха, не превышающая значение температуры воды более, чем на два градуса;
- температура воды удерживается на отметке не более 32 градусов;
- скорость движения воздушных потоков не должна превышать 0,2 м/с, так как большая скорость воздуха будет ощущаться людьми и вызывать дискомфорт;
- когда проектируется вентиляция бассейнов, допускается использование расчетного значения воздухообмена, однако, оно не должно быть ниже значения указанного в нормативной документации – это 80 м<sup>3</sup> на человека.

При проектировании вентиляции бассейна должен быть выполнен ряд необходимых вычислений:

– поступление явного тепла (учитывается выделение тепла от солнечной радиации, от пловцов, от обходных дорожек, от освещения, а также при нагреве воды в бассейне);

– поступление влаги в воздушную среду (от пловцов, от водной поверхности, от обходных дорожек);

– рассчитывается воздухообмен по влаге и по общему теплу, а также нормативный воздухообмен.

Как правило, при проектировании вентиляции бассейна принимается система вентиляции с механическим побуждением, так как естественная циркуляция воздуха не может обеспечить требуемые для закрытого бассейна значения параметров воздушной среды из-за довольно большой площади и постоянно наполненной чаши бассейна. Причем расчет приточного и вытяжного воздуха, подаваемого в помещение бассейна, необходимо рассчитывать, как для холодного периода года, так и для теплого периода. Значения воздухообмена в теплый и холодный периоды года, как правило, отличаются в несколько раз, поэтому два раза в год персоналу, обслуживающему вентиляционную установку, необходимо изменять значения этих параметров.

Проектирование вентиляции бассейнов подразумевает учёт не только способности обеспечивать эффективный воздухообмен, но также и исключение образования вредных для оборудования факторов. Первейшим из таких является конденсат, который выпадает на поверхности вентиляционной шахты, что приводит к ее быстрому износу. Для этого внутренняя или внешняя поверхность вентиляционных шахт изолируется, и применяются клапаны с электроподогревом. Обязательны также поддоны для сбора конденсата. Так же неправильный расчет воздухообмена или неиспользование вентиляции в помещении бассейна может привести через довольно короткое время к изменению свойств строительных конструкций и их преждевременному повреждению.

Приточно-вытяжная вентиляция в бассейне может решить все задачи, так как содержит в себе несколько узлов: систему фильтрации, подогрева приточного воздуха (калорифер), рекуператор (устройство, предназначенное для подогрева приточного воздуха, тепловой энергией вытяжного воздуха), устройство для снижения шума вентиляционной установки (шумоглушитель), воздухоосушитель и вентилятор.

Заметим, что если бассейн расположен в регионе с холодным климатом, где летом можно эффективно осушать воздух ассимиляцией влаги, то осушитель становится не нужен, и от него можно отказаться для удешевления системы.

Оптимальным решением для вентиляции бассейна является компактная моноблочная приточно-вытяжная установка, которая включает в себя все вышеуказанные устройства и занимает относительно небольшое место в отличие

от вентиляционных установок, скомпонованных из отдельных элементов с центробежными вентиляторами.

Приточно-вытяжные установки – это полностью автоматизированные устройства, снабженные автоматическими регуляторами заданных параметров приточного/вытяжного воздуха (температура, влажность, объем подачи и удаления), а также теплоносителя, обеспечивающего нагрев воздуха в калорифере. Так же блок управления приточно-вытяжной установки обеспечивает защиту установки от повреждений, например, защиту калорифера от замерзания или сигнализирует о значительном падении давления в случае, если воздушный фильтр засорился и требует очистки.

Одной из важнейших задач при проектировании вентиляции объектов является экономия тепловой энергии. Тем более если объекту требуются значительные объемы приточного воздуха в зимний период. Поэтому, чтобы максимально использовать тепло вытяжного воздуха, для подогрева приточного воздуха используется рекуперация, то есть, частичный подогрев приточного воздуха вытяжным воздухом без смешения.

В переводе с латинского, рекуперация означает возмещение или обратное получение. В отношении теплообменных реакций, рекуперация характеризуется как, частичный возврат энергии, затраченной на проведение технологического действия с целью применения в этом же процессе. В вентиляционной системе принцип рекуперации используется для экономии тепловой энергии.

Процесс регенерации энергии осуществляется в рекуперационном теплообменнике. Устройство предусматривает наличие теплообменного элемента и вентиляторов для прокачивания разнонаправленных воздушных потоков. Для управления процессом и контроля качества подачи воздуха используется система автоматики. Конструкция разработана так, чтобы приточные и вытягиваемые потоки находились в отдельных отсеках и не смешивались – теплоутилизация осуществляется через стенки теплообменника.

Говорить о целесообразности обустройства рекуперативной вентиляции можно, оценив эффективность системы и сопоставив ее достоинства с недостатками. Необходимость использования рекуперации тепла наиболее актуальна в зданиях с принудительной вентиляцией. Как правило, это малоинерционные строения, возведенные с использованием инновационных теплоизоляционных технологий (объекты из сэндвич-панелей, газосиликатных плит, пеноблоков). В таких постройках стены плохо аккумулируют тепло, а естественный воздухообмен малоэффективен. Однако, проблемы с циркуляцией воздуха характерны и для «традиционных» построек из кирпича и бетона.

Приемлемой считается рекуперация с эффективностью 60% и более, при этом КПД в данном случае будет свыше 80% – что считается хорошим результатом. Эффективность системы зависит от типа рекуператора, габаритов помещения

и расхода воздуха. В любом случае, использование рекуперационной вентиляции даже с КПД в 30% выгоднее, чем ее отсутствие. Кроме существенной экономии на энергоресурсы, «регенерация» тепла улучшает общий микроклимат в помещении.

Конструкция рекуператора определяет схему движения теплоносителя, эффективность вентиляционной системы, класс энергопотребления и стоимость оборудования. Применяется несколько вариантов теплообменников: пластинчатый, роторный, тепловые трубки и т.д.

Пластинчатый теплообменник – его основа герметичная камера с множеством параллельных воздухопроводов. Каналы разделены перегородками – теплопроводящими пластинами, изготовленными из стали или алюминия. Потoki газов движутся навстречу друг друга, пересекаются в кассете рекуператора, но не перемешиваются. Тепловой обмен осуществляется за счет единовременного охлаждения и нагрева пластинок с разных сторон, Показатель эффективности варьируется в диапазоне 40 – 70%.

Роторный теплообменник представлен в виде цилиндра, заполненного прослойками гофрированного металла. По мере вращения барабанной установки в каждый отсек поочередно поступают теплые или холодные струи воздуха, КПД теплообмена определяется скоростью вращения ротора и достигает 90%, эффективность работы можно регулировать.

Рекуперационную установку с промежуточным теплоносителем из-за конструктивных особенностей часто называют связанными теплообменниками или глеколевым агрегатом. Это одна из самых гибких систем теплоутилизации. Один теплообменник врезается в приточный канал, а второй – в вытяжку. Гликолиевый состав циркулирует между теплообменниками. Температура теплоносителя возрастает благодаря разогретому удаляемому потоку, а затем тепловая энергия передается приточному воздуху. Замкнутая система исключает смешивание встречных воздушных масс. КПД данного теплообменника 45 – 55%.

### **Список литературы:**

1. Системы вентиляции и кондиционирования (Рекомендации по проектированию испытаниям и наладке) под редакцией Краснова Ю. С., Борисоглебской А. П., Антипова А. П., Москва «Термокул» – 2004 г, 369 с.
2. Канальные установки, под изд. РЕМАК a.s., Москва 2004 г., 215 с.
3. Климатическое оборудование, издание №3, изд. АРКТИКА 2013 г., 169 с.



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Семёнов Александр Александрович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### DESIGNING THE HEAT SUPPLY OF INDUSTRIAL ENTERPRISE

***Аннотация:** В статье анализируется состав и особенности проектирования систем теплоснабжения промышленных предприятий.*

***Ключевые слова:** теплоснабжение, теплообменник, центральный тепловой пункт.*

***Abstract:** The article analyzes the composition and design features of heat supply systems for industrial enterprises.*

***Key words:** heat supply, heat exchanger, central heat point.*

Система централизованного теплоснабжения состоит из трёх элементов: источника тепловой энергии от ТЭЦ или котельной, тепловой сети и потребителей. Чтобы система работала согласованно и правильно взаимодействовала в соответствии с нагрузкой, следует предусмотреть звенья, связывающие элементы [1].

Ими являются: между источником и сетью теплоснабжения – насосная станция с теплообменным подогревателем, далее, между сетью теплоснабжения и зданиями с системами отопления и горячего водоснабжения – центральный тепловой пункт (ЦТП) с узлом управления. Надёжность системы теплоснабжения зависит от того, как они спроектированы и установлены, насколько корректно эксплуатируются. В большей мере это касается тепловых пунктов (ТП), так как их на предприятии обычно несколько, и они размещены в соответствии с потребителями.

Помимо этого, существует более 24-х схем ЦТП и большое количество установок и систем, потребляющих тепло. Наконец, работа ТП и систем теплоснабжения взаимно влияет друг на друга и на технико-экономическую эффективность источников тепла.

В производственных системах теплоснабжения количество адаптационных систем у потребителя представлено большим количеством. Они отличаются по целям назначения, например, отопление, вентиляция, горячее водоснабжение, параметрам потребления, по конструкциям [2].

Согласованность характеристик ИТП с общими сезонными режимами работы системы теплоснабжения представляет сложную задачу. Это осложнено тем, что в сетях теплоснабжения обычно отмечается низкая гидравлическая устойчивость, с большим взаимным влиянием потребителей друг на друга. Нестабильная работа группы потребителей может привести к большим расходам теплофикационной воды, и это вторично сказывается на функционировании остальных потребителей, которые могут располагаться на концевых участках сети. Иногда теплоснабжение прерывается по этой причине.

Потребителями тепла от систем централизованного теплоснабжения являются здания общественные и производственные здания.

Тепло подается на санитарно-технические нужды – отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Иногда эти же сети подают горячую воду на технологические нужды. Тогда система теплоснабжения в ряде случаев имеет технологическое назначение. Так от водяных сетей получают и насыщенный пар низкого давления.

Проектирование любых установок потребления следует начинать с определения потребности в тепле. На этом этапе должны быть решены задачи:

- а) определение расчетного расхода тепла;
- б) построение графиков потребления тепла;
- в) расчёт допустимых отклонений от расчетных условий.

По расчетным расходам тепла вычисляют и подбирают трубопроводы, оборудование и приборы систем автоматического контроля и автоматики.

По графику потребления, схемам автоматизации, обнаруживается необходимость проектирования резервных местных дублирующих или резервных источников тепла.

Построение графиков потребления тепла с учётом возможных отклонений от него важно для нетиповых промышленных потребителей.

Определение степени отклонений от расчетных условий важно для зданий с низкой тепловой устойчивостью, для промышленных зданий и цехов с точным поддержанием температур воздуха.

В индивидуальных системах теплоснабжение каждого участка цеха обеспечивается от источника.

В местных системах теплоснабжение каждого здания проектируется от отдельного источника теплоты, обычно от местной или индивидуальной котельной.

Основное назначение систем теплоснабжения – в доставке потребителям необходимого количества теплоты требуемых качественных характеристик. Изменение потребления тепла в ИТП производится за счет факторов [2]:

- а) автоматического учета регулятором суточных колебаний температур воздуха может привести к 7 % экономии;

б) диспетчерского снижения отпуска тепла в выходные дни для офисных зданий) позволит экономить до 7 %;

в) компенсации «перетопа» в переходные климатические периоды позволит ожидать 5 % экономии;

г) подача точного количества тепла позволят в лучшем случае достичь 15 % экономии.

Приведённые показатели получаются аналитическими методами оценки и прогнозы совпадают с выполненными замерами.

Полученная экономия в денежном выражении [3]:

а) стоимость необходимого оборудования (электронный регулятор клапана с электроприводом, циркуляционный насос, датчики температуры) укладываются в 100 – 200 тысяч руб. с учетом затрат на монтаж;

б) экономия тепловой энергии составляет 350 – 400 Гкал за сезон.

Хорошо работающие системы автоматизированного отпуска тепла в ИТП или ЦТП, верно организованная и отлаженная системы отопления, использование насосных станций, существенно снизят уровень потребления тепловой энергии при организации теплоснабжения промышленного предприятия.

С другой стороны, игнорирование этих правил приведёт к ощутимым перерасходам тепла.

### **Список литературы:**

1. Каменев, П. Н. Отопление и вентиляция: учебник / П. Н. Каменев, В. Н. Богословский, А. Г. Егиазаров, А. Н. Сканави, В. П. Щеглов. – М.: Стройиздат, 1995. – 379с. – ISBN 4 – 0182 – 216 – 7.

2. Малявина, Е. Г. Теплотери здания: справочное пособие / Е. Г. Малявина. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 144 с. – 2000 экз. – ISBN 978-5-98267-030-4.

4. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. – М.: Стройиздат, 2000. – 57 с.

3. Богословский, В. Н. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави. – М.: Стройиздат, 2010. – Ч. I.: Отопление. – 344 с. – ISBN 5-274-00523-3.

## ЭКОНОМНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Туйгунов Дамир Айратович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Шмидт Анатолий Александрович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

### ECONOMIC USE OF ELECTRICITY

***Аннотация:** Цели и задачи данного исследования не новы, но на практике все чаще и чаще приходится сталкиваться с тем, что необходимо сократить энергопотребление в жилых квартирах и домах. В данной статье нами рассмотрена модернизация путей экономии энергетических ресурсов.*

***Ключевые слова:** электроэнергия, экономия, быт.*

***Abstract:** The goals and objectives of this study are not new, but in practice, it is increasingly necessary to reduce the energy consumption of residential apartments and houses. In this article, we reviewed the modernization of ways to save energy resources.*

***Key words:** electricity, economy, life.*

Экономия энергетических ресурсов является острой проблемой в современном мире. В частности, наблюдается стремление к снижению использования электрической энергии предприятиями, заводами и населением. Экономия электроэнергии – это крайне важная концепция жизни современного человеческого общества, затрагивающая как сферу производства, так и жизнь каждого человека. Вне всякого сомнения, нерациональное потребление этого достаточно дорогостоящего вида энергии может привести к значительным тратам, что в дальнейшем может немаловажно сказаться, как на финансовой обеспеченности людей, так и на процветании предприятий.

На сегодняшний день бытуют самые разнообразные подходы экономичного использования электроэнергии, которые могут оказаться действенными. Мы рассмотрим пути экономии электроэнергии, чаще всего используемые в работе предприятий и организаций, тем самым позволяя существенно сократить траты на электроэнергию, при этом сохраняя в той же степени, а быть может и увеличивая положительный эффект от его применения. В системы экономии электроэнергии на предприятии входят: осуществление контроля за процессом

работы осветительных приборов, обеспечение в схемах электроснабжения устройств защитного отключения, применение реле времени, датчиков присутствия и движения. Желательна так же комплексная замена устаревшего электрооборудования на более современное, с большим КПД, и, следовательно, более экономичное. В таких помещениях как офисы, будет целесообразно ввести контроль над режимом работы компьютерной техники, что поможет существенно уменьшить потребление ценнейшей мощности.

В последнее время современное общество стремительно приспосабливается к новым условиям – условиям дороговизны энергоресурсов. Человечество вынуждено находить новые подходы к сокращению затрат на электричество. Электроэнергия всегда составляет одну из важнейших статей расходов. Имеется множество способов экономии электроэнергии – будь то уменьшение затрат за счет эксплуатации более экономичной техники или применение альтернативных источников электроэнергии и другие. Однако, необходимо представлять четкую карту электропотребления, для того чтобы делать шаги в сторону снижения затрат на электрическую энергию. Уже ни для кого не секрет, что графики суточного потребления электрической энергии наибольшего количества промышленных предприятий имеют схожую картину, это побуждает реагировать рынок изменением цены на потребляемую мощность в течение суток. Главная задача энергосбережения заключается в том, чтобы приложить все усилия для перераспределения нагрузки с часов пик, когда цена за единицу мощности велика, на полупиковые или ночные зоны, когда цена существенно снижается.

Для основного населения крайне важно принятие следующих мер по уменьшению величины используемых энергетических ресурсов, при сохранении полезного эффекта от их использования:

1. Заменить светильники с обычными лампами накаливания с низким КПД на светильники с люминесцентными лампами или светодиодами, предназначенными для офисных помещений и рабочих мест.

2. Установить счётчики (приборы учета электрической энергии).

3. Осуществлять проверку над процессом работы освещения и осветительного оборудования.

4. Рекомендуются покрасить стены помещений в светлые тона, чтобы улучшить освещенность. Окраска стен в светлые тона позволяет экономить от 5 до 20% электроэнергии, вследствие увеличения уровня освещенности от естественного и искусственного освещения. Следует содержать чистыми стены, окна, потолки, пол, дома, а также светильники.

5. Повысить эффективность использования электроэнергии, при автоматизации управления освещением (датчики движения, присутствия, реле времени).

6. Заменить электрооборудование, аудио- и видеоаппаратуру на более современную, более экономичную. К примеру, к концу срока службы падает КПД

лампы и светильника. Светильники, выпущенные более 20 лет назад, имели КПД максимум 65%, а современные светильники имеют КПД до 96%.

7. Не стоит использовать в помещениях старые электронагревательные приборы для отопления с низким КПД. Такие приборы могут нести в себе опасность возникновения пожара.

8. Следует начать правильно использовать компьютерную технику. После окончания работы за компьютером, не стоит оставлять монитор включенным, необходимо или запрограммировать переход в спящий режим или выключить монитор вручную. Современный компьютер потребляет до 400 – 500 Вт мощности, выключение монитора позволяет экономить до 100 – 200 Вт. Не стоит оставлять его включенным на длительное время, если вы за ним не работаете. Неиспользуемый 2 часа компьютер даже в спящем режиме потребляет не малое количество энергии, за месяц это выливается в существенные затраты на электроэнергию. Принтеры и сканеры рекомендуется всегда выключать, если они не используются. Это позволит ещё сэкономить.

Выделяют два основных способа экономии энергетических ресурсов. Во-первых, исключение нерационального потребления электроэнергии, во-вторых повышение эффективности использования электроэнергии. Данные методы применяются для снижения потребления электроэнергии для людей, использующих электроэнергию в быту.

Самые энергетически затратные приборы в доме – это электроплита, электрочайник, стиральная машина, холодильник, утюг и стационарный компьютер. Следовательно, рекомендации по экономии электроэнергии при использовании этих и других домашних приборов имеют важнейшее значение. Важнее всего, нужно задуматься о приобретении двухтарифных счетчиков электроэнергии, позволяющих экономить электричество за счет возможности использования тарифов на ночное и дневное потребление энергии, это значительно выгоднее, чем распространённый усреднённый тариф.

Надлежит не устанавливать рядом с отопительными батареями или плитой холодильник, и также не ставить в него теплые продукты. Несоблюдение этих советов приведет к нерациональному перерасходу энергии за счет чрезмерной работы холодильника. Не стоит забывать, что наледь на стенках холодильника и морозильной камеры также увеличивает расход электроэнергии от 15 до 20%. Необходимо не забывать, что после отключения электроники дома, большинство приборов продолжает потреблять некоторое количество электроэнергии даже находясь в режиме ожидания. Чтобы снизить потребление электроэнергии необходимо полностью выключать неиспользованные приборы из сети.

При пользовании стиральной машиной самым эффективным методом экономии электроэнергии является функция «отложенная стирка». Это функция позволяет стирать ночью по минимальному тарифу. При эксплуатации стираль-

ной машины важно учесть и то, что снижение длительности и температуры процесса стирки также уменьшают затраты электроэнергии. Необходимо постепенно заменить обычные лампы накаливания в квартире на энергосберегающие в местах, где не требуются частые включения и выключения. Кроме того, следует максимально действенно использовать зонное освещение квартир и домов. Это настольные лампы, настенные бра, прикроватные светильники и торшеры, а именно, источники света, освещающие только часть комнаты.

Нужно отказаться от просмотра фильмов или прослушивания музыки непосредственно с компакт-дисков, так как работа CD/DVD привода в компьютере или ноутбуке значительно расходует электроэнергию. Полезно скопировать файлы в память компьютера и запускать их оттуда. Зарядное устройство мобильного телефона продолжает потреблять небольшое количество электрической энергии, если оно оставлено включенным в розетку.

Все эти мероприятия позволяют значительно снизить расход электроэнергии, а следовательно, и затрат на приобретение электрической энергии.

#### **Список литературы:**

1. Электротехника журнал – Москва: АО Фирма ЗНАК ,2000 – №1. – с. 40
2. Климова, Г. Н. Энергосбережение на промышленных предприятиях: учебное пособие/ – Томск, Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 184с.
3. Институциональные проблемы повышения энергоэффективности жилищного и бюджетного секторов. – Издательство: Институт экономики города. : 2010.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПРОВОДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**Тушев Сергей Игоревич,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

**Замулдинов Эрик Олегович,**

механико-технологический факультет, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбургская область, г. Орск

## THE USE OF HIGH-VOLTAGE WIRES OF NEW GENERATION

***Аннотация:** В статье рассматривается вопрос применения проводов нового поколения в энергетике России, преимущества и недостатки различных типов проводящих элементов, а также влияние новых технологических решений на энергетические и технико-экономические показатели отрасли.*

***Ключевые слова:** электрические сети, показатели, композиты.*

***Abstract:** The article deals with the use of new generation wires in the power industry of Russia, the advantages and disadvantages of various types of conductive elements, as well as the impact of new technological solutions on the energy and technical and economic indicators of the industry.*

***Keywords:** electrical networks, indicators, composites.*

Современное состояние электрических сетей Российской Федерации характеризуется высоким уровнем износа оборудования, а также ненадежностью воздушных линий электропередачи. Из-за этого происходят большие потери энергии при ее передаче, следовательно, это приводит к большим экономическим потерям, как для электростанций, так и для потребителей. Помимо этого, с каждым последующим годом увеличивается энергопотребление в новых технологических установках; происходит интенсивное старение электротехнического оборудования, которое не справляется с большими потоками мощности, что может привести к катастрофическим последствиям в энергетике и промышленном производстве в целом [1].

Для решения вышеописанной проблемы существует несколько подходов – увеличение количества и мощности электрогенерирующих установок, а также модернизация электрических сетей путем внедрения новых технологий.

Рассмотрим варианты, предлагаемые мировой промышленностью для улучшения энергетических показателей в электросетях России.



Группа компаний «Сим-Росс» выводит на рынок высоковольтные провода нового поколения типа Z, обладающих преимуществами по отношению к применяемым на сегодняшний день. К плюсам данного типа можно отнести:

- повышенную механическую прочность, что снижает вероятность обрыва провода в результате внешнего воздействия, следовательно, это увеличивает надежность энергосистемы;
- обладание большей пропускной способностью, низкими электрическими потерями;
- провода типа Z не подвержены коррозии, препятствуют налипанию снега и гололедообразованию;
- замена алюминиевого провода марки АСС на провод типа Z того же диаметра позволяет снизить потери на 13 – 14% при  $P = \text{const}$ .

Такие провода, по утверждению завода-изготовителя, должны служить без ухудшения основных характеристик не менее 50 лет.

Первая линия 110 кВ с проводами нового поколения была проложена ГК «Сим-Росс» в 2007 году между Шепси и Туапсе в Краснодарском крае. Затем такие линии были построены на Сахалине, в Хабаровском крае и Тольятти [2].

Технико-экономическое обоснование применения проводов типа Z:

1. Повышение экономических показателей путем повышения пропускной способности ВЛ.
2. Снижение стоимости проекта при реконструкции линии при сохранении слабых опор за счет уменьшения тяжений.
3. Снижение стоимости проекта на новых линиях за счет уменьшения количества опор или применения опор меньшей высоты при заданном габарите.
4. Экономия на станциях плавки гололеда.
5. Снижение электрических и тепловых потерь.
6. Минимизация отчуждения земли за счет минимальной стрелы провеса, следовательно, удастся избежать вырубки лесов при прохождении воздушных линий электропередачи (ВЛ).
7. Повышение надежности ВЛ и, как следствие, сокращение затрат на обслуживание линии и увеличение срока ее эксплуатации.

Проблемы внедрения проводов данного типа: получение аттестации ФСК; недостаточная нормативная база; проблемы проектирования новых систем; учет рисков при проектировании и эксплуатации ВЛ; локализация производства.

Еще одним техническим решением является применение проводов из композитных материалов [3].

Во Франции проходит испытание воздушная линия электропередач с использованием композитов на основе углеродного волокна, разработанная фирмой Nexans. Компания использует совершенно новую технологию – Lo-Sag. Данная технология позволяет применять не классическую стальную сердце-

вину провода, а композитную. Такой сердечник, совпадающий с диаметром сердечника традиционных проводов, на 50% жестче и значительно легче сердечника из стали. Но есть еще более важный факт – коэффициент теплового расширения у нового сердечника в 10 раз меньше, чем у стального. Благодаря этому при росте температуры провода он существенно меньше расширяется, а, следовательно, и провисает. Это позволяет использовать данные провода при организации больших пролетов, так как сохраняется безопасное расстояние до земли от провода даже при значительных температурах. При этом провод способен передавать в 2 раза больше энергии, чем обычный со стальным сердечником.

Данная технология позволяет применять уже имеющиеся опоры и арматуру, что позволяет упростить и удешевить монтаж, как новых линий, так и модернизацию старых. Минусом этой технологии является дороговизна композитных материалов и их не распространённость в нашей стране, не позволяющая заменять классические типы проводов на новые повсеместно.

Таким образом, современная мировая электротехническая промышленность предлагает несколько видов проводов нового поколения, которые позволят существенно улучшить энергетические показатели электрических сетей России.

#### **Список литературы:**

1. Боков Г. Техническое перевооружение российских электрических сетей. Сколько это может стоить?/ Боков Г. // Журнал новости электротехники. – 2002. – №2
2. Пресс конференция: [Электронный ресурс]//SimRoss. Королев.,2010. URL: <http://www.simross.ru/news/1150.phtml>
3. Передовая технология воздушных линий : [Электронный ресурс] // Nexans. Москва.,2018. URL: [http://www.nexans.ru/eservice/Russia-ru\\_RU/navigatepub\\_157219\\_-31967/\\_Nexans\\_.html](http://www.nexans.ru/eservice/Russia-ru_RU/navigatepub_157219_-31967/_Nexans_.html)

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗДАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

**Юдин Вадим Вильевич,**

специалист контрольно-аналитического управления, ЗФ ПАО ГМК  
«Норильский никель», Красноярский край, г. Норильск

### **ENERGY SAVING AT THE ENTERPRISE OF THE METALLURGICAL INDUSTRY. INDUSTRIAL BUILDING OF CHEMICAL LABORATORY**

***Аннотация:** В статье раскрывается актуальность применения мероприятий по экономии электрической энергии на предприятии.*

***Ключевые слова:** Электрическая энергия, энергосбережение, энергоресурсы, экономия.*

***Abstract:** The article reveals the urgency of applying measures to save electricity in the enterprise.*

***Keywords:** Electric energy, energy saving, energy resources, saving.*

Мероприятия по экономии энергосбережения на предприятии – это действия предприятий, направленные на снижение расхода излишек потребляемых энергоресурсов. Снижение потребления (рациональное использование) электроэнергии – это отличная возможность экономить энергоресурсы и финансы, затраченные на их приобретение. Это и является одной из главных целей любых предприятий. Потребность на данные ресурсы постоянно повышается, вместе с тем растут и цены на эти энергоресурсы. Высокая плата на приобретение энергоресурсов при неправильном и не экономичном пользовании, увеличивает себестоимость производимого продукта, делая производство менее прибыльным и конкурентным, в отличие от других, более энергоэффективных предприятий. Поэтому очень важно постоянно контролировать выполнение мероприятий по энергосбережению на производстве, постепенно сокращая при помощи оптимизации потребление этих ресурсов. При должном выполнении этих мероприятий, можно добиться:

- 1) значительного снижения потребления энергоресурсов, оставив на том же уровне объем производимой продукции;
- 2) увеличить уровень производства и сохранить прежний объем потребления энергоресурсов.

Одним из главных условий уменьшения затрат на производстве и повышения экономической эффективности предприятия в целом, является рациональное потребление этих ресурсов. Энергосберегающий путь развития экономики

нашей страны тесно связан с формированием и последующим применением методов энергосбережения на отдельных предприятиях. Отсутствие реализации энергосберегающих мероприятий наносит существенный урон экономике предприятий и негативно сказывается на экономической ситуации в целом.

Энергосбережение в России основывается на следующих законах:

1) Федеральный закон РФ №261-ФЗ от 23.11.2009 Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации;

2) Приказ Минэнерго России №398 от 30.06.2014 Об утверждении требований к форме программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организации с участием государства, и муниципального образования, организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности и отчетности о ходе их реализации;

3) Приказ Министерства энергетики РФ №399 от 30.07.2014 Об утверждении методики расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях;

4) Приказ Министерства экономического развития РФ №61 от 17.02.2010 Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Автор предлагает следующие мероприятия по экономии электрической энергии на предприятии. Замена старой системы освещения на более современную и экономичную с использованием новых энергоэкономичных светодиодных светильников различного исполнения – это позволит добиться сокращения затрат на электричество для освещения помещений порядка 70%, уход от старых светильников к светодиодным – в 8 раз. Произвести замеры в комнатах люксметром на излишки освещения, при необходимости убрать излишние светильники. Отключение общего освещения или снижение пользования им путем внедрения автоматического управления общим освещением (автоматические выключатели). Покрасить стены, потолки в более светлые тона – экономия 1–10% электричества для освещения. Пособствовать снижению потребления энергоресурса, также могут помочь более жесткие меры, примененные к сотрудникам организации, направленные на снижения использования сотрудниками личных бытовых приборов. Не завешивать окна шторами или посторонними предметами, раз в месяц проводить электромонтерами очистку плафонов (светильников), стирать с них пыль и налет, это позволит снизить потребление, затрачиваемое на освещение на 1–5%.

Одной из важных составляющих задач энергосбережения является обучение персонала этой программе. Необходимо донести до работников, чтобы не включали компьютеры (принтеры, копиры, сканеры), если нет нужды в них, отключать всю оргтехнику, когда заканчивается рабочий день. Ужесточить наказание для работников за оставленные после себя включенные электроприборы (телевизоры, магнитофоны и т.д.), приточную вентиляцию в комнатах (это заодно поможет продлить срок службы двигателей с помощью которых работает вытяжная система), электроплиты. Довести до работников (под роспись), чтобы уходя (заканчивая работу) выключали за собой все электроприборы, освещение и вытяжную вентиляцию на рабочем месте.

Перепроверить двигатели, находящиеся в эксплуатации на вытяжных системах, чтобы они соответствовали размерам и мощности, так как двигатели, большие по мощности, чем необходимо, приводят к тому, что энергии они потребляют гораздо больше.

Произвести промывку труб отопления, чтобы меньше включать дополнительные электрообогревательные приборы (теплопушки, масляные обогреватели, тепловые завесы и т.д.). Для уменьшения потерь в сети нужно перейти от алюминиевой проводки к медной, произвести проверку на наличие несанкционированных подключений к сети электропередачи. Установить датчики движения на освещении, которые являются системами автоматического управления освещения – это позволит сэкономить 30 – 80% затрачиваемой электроэнергии на освещение.

Все эти мероприятия позволяют значительно снизить расход электроэнергии, а следовательно, и затрат на приобретение электрической энергии.

### **Список литературы:**

1. Режим доступа <http://base.garant.ru/70715958/>(дата доступа 10.03.2018).
2. [http://minenergo.mosreg.ru/dokumenty/napravleniya\\_deyatelnosti/energoberezhenie/normativnye\\_i\\_pravovye\\_akty/detail/9919](http://minenergo.mosreg.ru/dokumenty/napravleniya_deyatelnosti/energoberezhenie/normativnye_i_pravovye_akty/detail/9919) (дата доступа 10.03.2018).
3. Режим доступа <http://www.energsovet.ru/npb1616.html> (дата доступа 10.03.2018).
4. Режим доступа <http://energylogia.com/business/municipality/meroprijatija-pojenergoberezeniju-na-predpriyatii.html> (дата доступа 10.03.2018).

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ И АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

<b>Проект модернизации подъемной скиповой установки.....</b>	<b>3</b>
<i>Адаев Б. А., Ермагамбетов М. М.</i>	
<b>Внедрение автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии на предприятии АО «Оренбургские минералы» .....</b>	<b>12</b>
<i>Богомолов Е. Н.</i>	
<b>Современные подходы к организации контроля качества электроэнергии в электрических сетях .....</b>	<b>16</b>
<i>Бодруг Н. С., Савина Н. В.</i>	
<b>Автоматизированная информационно-измерительная система учета элек- трической энергии розничного рынка электроэнергии .....</b>	<b>23</b>
<i>Живодеров Д. С.</i>	
<b>Автоматические системы контроля гололедной нагрузки .....</b>	<b>26</b>
<i>Зенихин Д. Т., Спиренкова О. А.</i>	
<b>Рациональное методологическое наполнение дисциплины «эксплуатация и монтаж систем электроснабжения» с учётом практических требований действующего производства .....</b>	<b>31</b>
<i>Кильметьева О. И., Митрофанов С. В., Морозов В. А.</i>	
<b>Расчет экономической целесообразности внедрения частотно-регулируе- мых приводов электродвигателей и определение потенциала энергосбере- жения на объекте АО «Уральская Сталь» .....</b>	<b>39</b>
<i>Мирошниченко С. Ю.</i>	
<b>Проблемы подготовки кадров в области электроэнергетики .....</b>	<b>45</b>
<i>Новиков И. С.</i>	
<b>Обзор оптимизационных задач термодинамических режимов зданий .....</b>	<b>51</b>
<i>Шуравин А. П.</i>	

### РАЗДЕЛ 2. НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

<b>Нетрадиционные источники электрической энергии .....</b>	<b>56</b>
<i>Бражников А. В., Ермолаев А. Е., Ковалев А. Д.</i>	
<b>К вопросу об оптимизации использования энергоресурсов .....</b>	<b>59</b>
<i>Задорожный В. Д.</i>	

<b>Проблемы альтернативной электроэнергетики. Солнечные панели .....</b>	<b>63</b>
<i>Зуев Ю. М., Андреева Е. Н.</i>	
<b>Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии .....</b>	<b>67</b>
<i>Кислица А. В.</i>	
<b>Преимущества и недостатки использования солнечной энергии .....</b>	<b>70</b>
<i>Корниенко А. А., Чижииков Ю. С.</i>	
<b>Проектирование котла-утилизатора для ПГУ-325 .....</b>	<b>72</b>
<i>Кравцов А. А.</i>	
<b>Особенности и проблемы развития ветровой энергетики .....</b>	<b>75</b>
<i>Нечаев И. С., Шонина Д. Е.</i>	
<b>Использование солнечного света в энергетике .....</b>	<b>79</b>
<i>Серкова К. А., Урляков А. С., Якунин А. М.</i>	
<b>Предложение по использованию альтернативных энергоресурсов на предприятии газовой промышленности .....</b>	<b>83</b>
<i>Чернов А. В.</i>	
<b>Перспективы развития солнечной электроэнергетики .....</b>	<b>86</b>
<i>Шонина Д. Е., Нечаев И. С.</i>	
<b>Обзор современных технологий в энергетике .....</b>	<b>89</b>
<i>Яшников Д. А.</i>	

### **РАЗДЕЛ 3. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

<b>Проектирование компрессорной станции сжатого воздуха для металлургического предприятия .....</b>	<b>92</b>
<i>Абдрахимов Р. Б., Ануфриенко О. С.</i>	
<b>Методологические основы расчета и выбора оборудования когенерационных установок для мини-ТЭЦ промышленных предприятий .....</b>	<b>95</b>
<i>Ануфриенко О.С.</i>	
<b>Технические мероприятия по энергосбережению на машиностроительном предприятии .....</b>	<b>99</b>
<i>Баширова Е. В., Приймак Е. Ю.</i>	
<b>О компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения предприятий .....</b>	<b>102</b>
<i>Белянцева Н. В.</i>	
<b>Проектирование системы обратного водоснабжения источника тепловой и электрической энергии .....</b>	<b>106</b>
<i>Бишеев М. М.</i>	

<b>К вопросу об энергосбережении при проектировании системы газоснабжения машиностроительного предприятия .....</b>	<b>109</b>
<i>Блохин А. А.</i>	
<b>Анализ рисков систем резервного топливоснабжения .....</b>	<b>112</b>
<i>Брындин Д. А.</i>	
<b>Энергоаудит осветительных установок на базе Орского филиала АО «Уфанет» .....</b>	<b>115</b>
<i>Данилов В. А.</i>	
<b>Транспортировка электроэнергии посредством постоянного тока .....</b>	<b>118</b>
<i>Давлетов Б. Б., Левен А. С.</i>	
<b>Анализ эффективности применения современных конструкций силовых трансформаторов .....</b>	<b>121</b>
<i>Инаходова Л. М., Казанцев А. А., Макарова Т. В.</i>	
<b>Применение сверхпроводящего оборудования в электроэнергетике .....</b>	<b>127</b>
<i>Инаходова Л. М., Казанцев А. А., Макарова Т. В.</i>	
<b>Проектирование энергоэффективной градирни .....</b>	<b>133</b>
<i>Коваль А. Н.</i>	
<b>Повышение энергетической эффективности на базе бизнес-центра «Синопская» г. Санкт-петербург .....</b>	<b>136</b>
<i>Кочковская С. С.</i>	
<b>Теория и практика сжигания газов переработки нефти в горелках с нерегулируемыми параметрами .....</b>	<b>140</b>
<i>Кулагин А. Ю.</i>	
<b>Экологические характеристики промышленных котлов при сжигании газов переработки нефти .....</b>	<b>148</b>
<i>Кулагин А. Ю.</i>	
<b>Изоляция силовых кабелей постоянного тока .....</b>	<b>156</b>
<i>Нагорный Ф. Д., Нагорная В. П.</i>	
<b>Энергосберегающие и сухие силовые трансформаторы .....</b>	<b>159</b>
<i>Потехин Е. А., Белянцева Н. В.</i>	
<b>Вентиляция бассейнов .....</b>	<b>165</b>
<i>Рожкова О. Н.</i>	
<b>Проектирование теплоснабжения промышленного предприятия .....</b>	<b>169</b>
<i>Семенов А. А.</i>	
<b>Экономное использование электроэнергии .....</b>	<b>172</b>
<i>Туйгунов Д. А., Шмидт А. А.</i>	
<b>Применение высоковольтных проводов нового поколения .....</b>	<b>176</b>
<i>Тушев С. И., Замулдинов Э. О.</i>	
<b>Энергосбережение на предприятии металлургической промышленности. Производственное здание химической лаборатории .....</b>	<b>179</b>
<i>Юдин В. В.</i>	



**Научное издание**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**Всероссийской научно-практической конференции с международным участием**

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ»**

**23 марта 2018 г.**

Научно-издательский центр «Логос»

Web-site: <http://центр-логос.рф>

E-mail: [logos.cent@mail.ru](mailto:logos.cent@mail.ru)

---

Подписано в печать 17.04.2018. Формат 60x84 1/16

Бумага офсетная. Гарнитура «Times». Печать цифровая.

Усл. печ. л. 10,75 Заказ № 771. Тираж 500 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии издательско-полиграфического комплекса СКФУ, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2