

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»
Всероссийский фестиваль науки
Областной фестиваль науки



Сборник докладов

Часть 14

Проблемы современной электротехники и энергетики

Белгород

13-14 октября 2022 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

**XIV Международный молодежный форум
«Образование. Наука. Производство»: эл. сборник
докладов [Электронный ресурс]: Белгород:
М 43 БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – Ч. 14. – 191 с.**

ISBN 978-5-361-01063-9

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения XIV Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство»

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

ISBN 978-5-361-01063-9

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2022

Оглавление

Абдукахоров А.А., Худойбергенов М.Б.	
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКОЙ	8
Аветисян А.С.	
СУТЬ ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	11
Ващенко Д.Д., Драпак А.С., Назаренко Р.С.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ВЭР ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА	15
Ващенко Д.Д., Драпак А.С., Назаренко Р.С.	
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧАХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	18
Ващенко Д.Д., Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю.	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛА ВМЕСТО КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ВЭР ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	22
Ващенко Д.Д., Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю.	
ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ КАК ИСТОЧНИК ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ.....	26
Ващенко Д.Д., Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С.	
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ.....	29
Ващенко Д.Д., Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С.	
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ	34
Громов Н.А.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РОССИИ	39
Драпак А.С., Ващенко Д.Д., Назаренко Р.С.	
БИОМАССА КАК НЕТРАДИЦИОННЫЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ.....	42

Драпак А.С., Ващенко Д.Д., Назаренко Р.С.	
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ КАК ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ.....	46
Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д.	
ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ.....	51
Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С.	
ВОДОРОД КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ...	55
Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С.	
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	58
Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д.	
ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	62
Дьякова А.К.	
ТЕРМОЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР (СИНТЕЗ).....	68
Забельский Д.С.	
ОПТИМИЗИРОВАННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА.....	71
Зиганшина Д.Е.	
ПЕТРОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ В РОССИИ.....	75
Кокошников И.В.	
СИСТЕМА НИЗКОВОЛЬТНОГО СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ С ВЫСОКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ	78
Леонов Е.С.	
АНАЛИЗ РЫНКА ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СЖИГАНИЯ БИОГАЗА.....	83

Лопухина В.А.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ РОЛЬ ДЕНЕГ В
ЭКОНОМИКЕ 86

Молчанова Е.С.

THE USE OF WIND ENERGY RESOURCES IN THE PRODUCTION
OF ELECTRICITY 90

Молчанова Е.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ВЕТРА
ВЕЛИЗИ ВОДОСБРОСА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПРИ
ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ..... 94

Назаренко Р.С., Драпак А.С., Ващенко Д.Д.

ГАЗОВЫЕ ГОРЕЛКИ С ПРЯМЫМ НАГРЕВОМ ДЛЯ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ 98

Назаренко Р.С., Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ
ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ КОНТУРОВ 102

Назаренко Р.С., Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю.

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ДЛЯ
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ГОРЕЛОК 107

Назаренко Р.С., Драпак А.С., Ващенко Д.Д.

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛООВОГО КПД КОТЕЛЬНОЙ 110

Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д.

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ ТРУБОПРОВОДА..... 114

Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ
ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА..... 120

Панищева Ю.С.

ПРОГНОЗЫ РАСПОЛАГАЕМЫХ ЗАПАСОВ ТОПЛИВА И ИХ
ИСЧЕРПАНИЯ В МИРЕ НА 2021 г. 125

Панищева Ю.С.	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИИ В ПЕРИОД С 2010 ПО 2020 ГОД	130
Панищева Ю.С.	
ПРОБЛЕМЫ «ЗЕЛЕННОГО ЭНЕРГОПЕРЕХОДА» В ЭКОНОМИКЕ ЕВРОПЫ И США В 2021 г.....	135
Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д., Драпак А.С.	
СОВРЕМЕННЫЕ И ЭКОЛОГИЧНЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ	140
Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д., Драпак А.С.	
ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ – БУДУЩЕЕ ВСЕМИРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	144
Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С., Назаренко Р.С.	
ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	148
Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С., Назаренко Р.С.	
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ОСМОТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	151
Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С., Ващенко Д.Д.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	156
Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С., Ващенко Д.Д.	
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВВЕДЕНИЯ ТОРИЯ В ЯДЕРНУЮ ЭНЕРГЕТИКУ	161
Попова А.Ю.	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ В 2021 ГОДУ	165
Семин Д.И.	
ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОБОРУДОВАНИЯ ПО СОСТОЯНИЮ НА ПРИМЕРЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВЕТРЯНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	169

Туляков Е.И.

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ РУЛОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ
ВСПЕНЕННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА 174

Туляков Е.И.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ
ЭНЕРГИИ В РОССИИ В ПЕРИОД С 2000 ГОДА ПО 2022 ГОД . 180

Туляков Е.И.

СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ «ЗЕЛЕННОГО ЭНЕРГОПЕРЕХОДА» В
МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ 184

Уткин М.О., Россамахина Н.С.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ
ОТ АВТОНОМНЫХ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПУНКТОВ НА БАЗЕ
ГАЗОВОГО ГЕНЕРАТОРА С ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА 188

*Абдукахоров А.А., Худойберганов М.Б.
Научный руководитель: Богданов Д.А., ст. преп.
Вологодский государственный университет, г. Вологда, Россия*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКОЙ

В настоящее время нет такой сферы деятельности, которая бы не зависела от электроэнергии напрямую или косвенно. Польза энергетики неоспорима. Но трудно отвергать и негативное влияние этой отрасли на окружающую среду.

Сооружение и эксплуатация ЛЭП затрагивают три важнейших подсистемы – экологическую, социальную и экономическую.

1. – Экологическая:

- нарушение почвы и рельефа местности;
- отторжение сельскохозяйственных земель;
- вырубка лесов в местах ЛЭП;
- воздействие на растительный мир;
- негативное влияние на среду обитания животных и птиц, обитающих в этой местности.

– замыкания на электроустановках и проводящих линиях могут вызывать пожары, приводящие к гибели лесов и их обитателей.

2. – Социальная:

– во время сжигания угля, нефти и газа на ТЭЦ в атмосферу выбрасываются тонны оксида серы, окислов азота и золы, состоящей из токсичных веществ;

– ухудшение условий жизни населения (различный шум, теле-, радиопомехи);

– негативное воздействие электромагнитного поля на организм человека.

3. – Экономическая:

– ограничение различной сельскохозяйственной деятельности в пределах ЛЭП;

– ущерб лесному хозяйству.

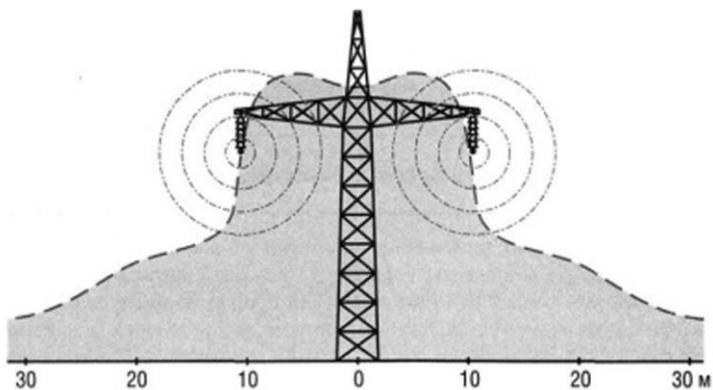


Рис. 1 Диаграмма распространения электромагнитного поля вокруг опоры ЛЭП

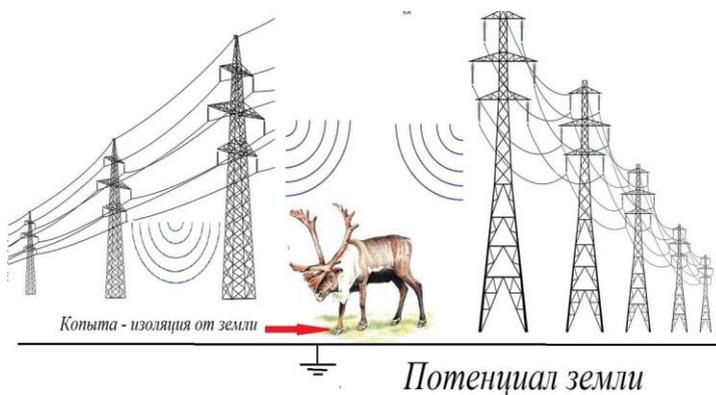


Рис. 2 Влияние ЛЭП на парнокопытных животных

Работающие сейчас нормативы платежей за пользование земельными, лесными и другими ресурсами существенно занижены по уподоблению с их хозяйственной ценностью, что не провоцирует проектировщиков к поиску подходящих решений при подборе трасс ЛЭП и их конструкций.

Отчуждение земли происходит и в непосредственной близости от опор, (таблица 1), и вдоль всей трассы на определённую ширину [1].

Таблица 1 – Площадь отчуждённой земли опорами ЛЭП разных классов напряжения

Номинальное напряжение, кВ	220	330	500	750	Более 1000
Площадь отчуждаемой земли под промежуточную опору, м ²	240	260	320	830	1280
Площадь отчуждаемой земли под опоры на 1 км ЛЭП, м ²	600	650	800	2100	3200

Отчуждение земель при строительстве ЛЭП означает вывод их из сельскохозяйственного оборота, вырубку леса, ухудшение среды обитания животных, птиц и т. д.

Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействий ЛЭП разработаны на основе данных о влиянии внешних электромагнитных полей на электрические явления в организме человека на молекулярном и клеточном уровнях.

Искажение естественных полей техногенными и его возможные негативные последствия для человека вызывают все большее внимание общественности и специалистов [2,3].

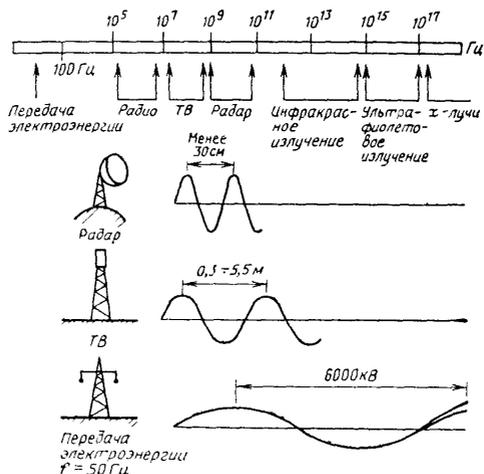


Рис. 3 Частотный диапазон и длины волн некоторых источников электромагнитного излучения

В целях защиты населения от воздействия электрического поля устанавливаются санитарно-защитные зоны. Санитарно-защитной зоной является территория вдоль трассы, в которой напряженность электрического поля превышает 1 кВ/м [4].

Для вновь проектируемых ЛЭП, а также зданий и сооружений допускается принимать границы санитарно-защитных зон вдоль трассы ЛЭП с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического поля по обе стороны от нее на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к напряжениям ЛЭП.

Таблица 2 – Допустимые расстояния и напряжения

20 м	30 м	40 м	50 м
330 кВ	500 кВ	750 кВ	1150 кВ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ушаков В. Я. Современные проблемы электроэнергетики: учебное пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 448 с.

2. Александров Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 359 с.

3. Дегтярев В.В. Охрана окружающей среды. – М.: Изд-во «Транспорт», 1989. – 207 с.

4. СанПиН 2.2.4.1191–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Минздрав России, 2003.

УДК 338.24

Аветисян А.С.

Научный руководитель: Ефимов Д.Н., канд. техн. наук, доц.

Иркутский национальный исследовательский университет,

г. Иркутск, Россия

СУТЬ ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В данной статье был произведен анализ процесса цифровизации в электроэнергетическом секторе, который является существенной частью топливно-энергетического комплекса. Предприятия осуществляют в реальность первые инновационные проекты,

производят оптимизацию работы, поэтапно внедряют цифровые технологии. В научной работе исследуются основные положения данного вопроса.

Понятия «цифровая энергетика» и «цифровизация» возникли в рамках развития цифровой экономики, и имеет смысл рассматривать их только в этой связке. Из массы терминов цифровой экономики следует, что особым ее предметом является экономическая деятельность, коммерческие транзакции и профессиональные взаимодействия, основаны на актуальных позициях за счет применения информационно-коммуникационных технологий. Следовательно, сущностью цифровой энергетике является переборка и формирование совокупности производственных и экономических отношений в секторе на базе цифровых подходов и средств.

С точки зрения признанных экспертов, сутью нынешней эпохи является вытеснение роботизированными машинами непродуктивных, требующих рутинного человеческого участия транзакций из экономической и общественной жизни. Возникновение цифровой платформы в любой индустрии влечет к серьезному сокращению транзакционных затрат и разгоняет операционные циклы ее участников.

Создаваемая парадигма интернета энергии (IDEA) оказывается отзывом на глобальные тренды трансформации характера спроса на энергию, масштабного развития распределенной энергетике и электротранспорта, увеличение технологических возможностей для оживленного потребления. Определенные этими трендами высокие издержки на интеграцию, согласованную деятельность и коммерческое взаимодействие миллионов новоиспеченных участников энергетических рынков способны быть решительно сокращены благодаря цифровым технологиям и платформ. Расходы уменьшаются за счет применения технологий инженерии, снабжающих Plug&Play-интеграцию новых элементов, но основное—за счет снятия информационной неясности экономических взаимоотношений, в конечном счете обеспечивается то, что вещи и машины регулируются интеллектуальными киберфизическими агентами, представляющими своих владельцев в самооптимизирующихся связях.

Цифровое преобразование (цифровизация) в энергетике — это первым делом организация новых бизнес-моделей, сервисов и рынков с опорой на возможности цифровой экономики. Элементарный пример из иного сектора: создание автоматизированной структуры диспетчерского управления таксопарком - это автоматизация, а вот Uber, что на практике организывает новую бизнес-модель для той же

службы, не будучи таксопарком и имея ни единой машины, при этом делает это дешевле, удобнее и надежнее, - что является цифровизацией. Аналогично и в цифровой энергетике: важно установить новую бизнес-модель, возможность которой раскрывается благодаря всё пронизывающих коммуникаций, межмашинного взаимодействия и цифрового моделирования. В мире создано уже огромное количество подобных бизнес-моделей: агрегаторы спроса, виртуальные электростанции, виртуальное распределенное накопление энергии, энергетическое хеджирование и т.д.

Специфическим признаком цифровой экономики (энергетики) является сотворение новых бизнес-моделей, связывающих физические и цифровые миры. Подобное объединение может быть тогда, когда умные машины берутся за образование и использование цифровых моделей физического мира. Собственно это обеспечивает самостоятельность принятия машинами решений в режиме, близком к настоящему времени.

Порой кажется, что для новых бизнес-моделей цифровой энергетики хватит возникновение средств информирования человека, способное само принимать решения. Однако экспериментальные проекты предоставили, что человек через определенное время прекращает интересоваться новоиспечёнными моделями поведения, предъявляющими к ним чрезмерно высокие требования. Нужно, чтобы инициативу перехватили киберфизические структуры. А для этого устройства обязаны руководиться не стандартами и жесткими алгоритмами, а целями, данные людьми, и цифровыми моделями отрывков реального мира.

Человек регулярно фиксирует свои страхи остаться безработным и, соответственно, без прибыли. Специалисты по цифровой экономике сообщают, что в высокотехнологичных секторах появляется высокая добавочная загрузка в сопредельных сферах деятельности. В частности, в США высокотехнологичное производство (Technology-intensive manufacturing) обладает мультипликатором (Multiplier effect) $Me=16$, иначе говоря одно рабочее место в ТИМ основывает 16 дополнительных рабочих мест, — пока как традиционное производство имеет $Me=4,6$, сельское хозяйство — $Me=1,5$, розничная торговля — $Me=0,8$.

Изменение роли человека в цифровом укладе обсуждалось еще в дискуссиях 60-х годов прошлого столетия. Значение кибернетического/цифрового перехода не только, чтобы создать машину, которая является умнее, сильнее и совершенней человека, а в том, чтобы самого человека вновь сделать умнее и сильнее всего того сотворенного им мира устройств.

Автоматизация производственно-технологических и управленческих процессов обнаруживается большим достижением второй половины XX столетия. АСУ ТП электростанций, системы диспетчерского управления, автоматика активных энергетических устройств, системы автоматизации бухучета и делопроизводства — это все главные и актуальные курсы эволюционного развития отрасли. Собственно, в преобразовании методов организации экономических отношений, вызывающее эффективное вовлечение в оборот миллионов новых субъектов и стоящих за ними умных машин. Цифровая энергетика — это в первую очередь транзакционные машины новоиспеченных рынков, бизнес-моделей и сервисов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цифровизация электроэнергетики России. Делиева А.П. Инженерная экономика и управление в современных условиях. Материалы научно-практической конференции, приуроченной к 50-летию инженерно-экономического факультета. Ответственный редактор В.В. Жильченкова. 2019. С. 438-443. [<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42326916>].

2. Энергетика России. Бушуев В.В.(избранные статьи, доклады, презентации 2019-2021 гг.) / Москва, 2021. Том 5 Российская энергоинформационная космопланетарная цивилизация. [<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47282792>].

3. Цифровая трансформация энергетического комплекса Российской Федерации. Нигматзянова Л.Р.В сборнике: Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. XIV Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция. 2019. С. 374-377. [<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44136789>].

4. Цифровая энергетика как элемент цифровой экономики. Сагитова Т.М., Исмагилова Л.А. В сборнике: Инновационная экономика. Материалы Региональной научной конференции-школы для молодежи. 2018. С. 281-284. [<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36780114>].

5. Формирование локальных интеллектуальных энергосистем в условиях цифровизации электроэнергетики России. Илюшин П.В. В сборнике: Функционирование и развитие электроэнергетики в эпоху цифровизации. круглый стол Российского международного энергетического форума (РМЭФ 2021). Москва, 2021. С. 106-126. [<https://elibrary.ru/item.asp?id=48072087>].

*Ващенко Д.Д., Драпак А.С., Назаренко Р.С.
 Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.
 Белгородский государственный технологический университет
 им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ВЭР ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Прокатное производство имеет в своих энергоотходах большое количество вторичных энергоресурсов (ВЭР), которые обладают большим энергетическим потенциалом. Эти отходы необходимо использовать с максимальной эффективностью. Путем их использования может быть внешнее или же регенеративное теплоиспользование, с целью повышения экономичности производства, а также с целью уменьшения тепловых выбросов в окружающую среду.

Как правило утилизация ВЭР на прокатном производстве происходит по следующей схеме (рис.1.):

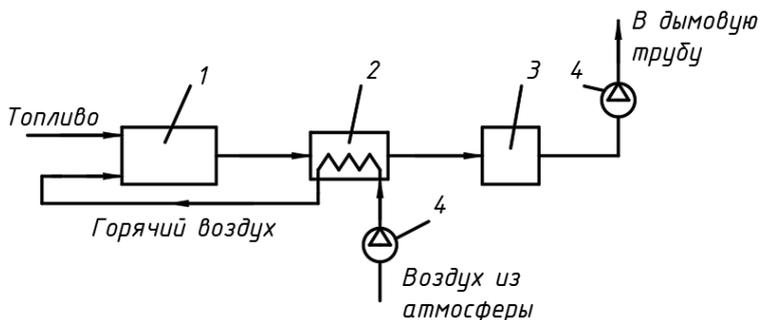


Рис. 1 Схема установки котла-утилизатора за прокатным станом [1]:
 1 – прокатная печь с СИО; 2 – Воздухоподогреватель; 3 – котел-утилизатор; 4 – дымососы и вентиляторы.

Ранее нами была рассмотрена данная схема, в связи с чем мы сделали вывод, что «Данная схема не позволяет получить пар высоких параметров» [1]. Кроме того, был предложен вариант решения данной проблемы путем выноса воздухоподогревателя за котёл-утилизатор, что позволяло нам добиться параметров пара с более высоких параметров, а также увеличить паропроизводительность агрегата [2].

Так же кроме данного изменения схемы предлагается вариант с установкой выносной топки для повышения энергетического

потенциала дымовых газов (рис.2), отходящих от печи [3]. При использовании данной схемы мы можем с помощью сжигания дополнительного топлива получать пар высоких параметров. Однако данная схема, как правило, применяется только в случае если потенциал уходящих газов слишком низок.

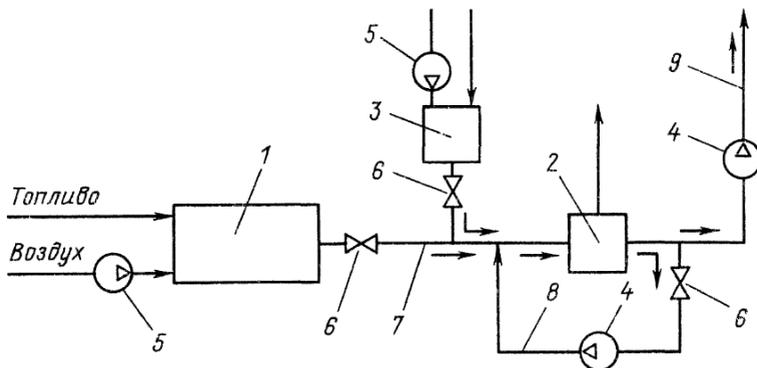


Рис. 2 Схема установки котла-утилизатора за нагревательной печью подтопкой и рециркуляцией газов [4]:

1 – технологический агрегат; 2 – котел-утилизатор; 3 – выносная топка; 4 – дымосос, 5 – вентилятор; 6 – запорный орган; 7 – 9 – газоходы.

Как мы видим при использовании предложенного варианта мы получаем схему мало отличную от схемы обыкновенного энергетического котла. В связи с этим мы предлагаем установить полноценный энергетический котел за печным агрегатом и производить дополнительное сжигание топлива непосредственно в котле, тем самым выводя энергетический котел на его номинальный режим работы.

В качестве котлоагрегата выбираем котел Е-220-9,8-540 Г. И названия следует, что паропроизводительность котла 220 т/ч; давление пара 9,8 Мпа; температура перегретого пара 540 °С. Пар данных параметров можно использовать в теплофикационной турбине Т-50/60-8,8.

Паровая теплофикационная турбина предназначена для привода генератора переменного тока. Турбина Т-50/60-8,8 производства УТЗ - одноцилиндровая турбина с двухвенечной регулирующей ступенью и 17 ступенями давления, с одноступенчатым отбором на теплофикацию, регулируемым при помощи поворотной диафрагмы. Турбина работает по тепловому графику с использованием теплоты пара, поступающего в конденсатор, для подогрева сетевой или подпиточной воды, в том числе сырой, пропускаемой через встроенный пучок конденсатора.

Система регенерации состоит из трёх подогревателей низкого давления (ПНД), двух деаэраторов ДП и двух подогревателей высокого давления (ПВД), питаемых от нерегулируемых отборов. Турбина имеет сопловое парораспределение. Система регулирования электрогидравлическая. Регулируемый отбор пара организован за шестнадцатой ступенью, за которой установлена регулирующая диафрагма с поворотным кольцом, регулирующая пропуск пара в ЧНД. Турбина Т-50/60-8,8 имеет одноступенчатый подогрев сетевой воды.

Технические характеристики турбины сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические характеристики турбины Т-50/60-8,8 [5]

Показатель	Значение
Мощность, МВт:	
Номинальная	50
Максимальная	60
На конденсационном режиме	60
Параметры свежего пара:	
Давление, кгс/см ² (Мпа)	90 (8,8)
Температура, °С	535
Тепловая нагрузка, т/ч:	
Номинальная	97
Максимальная	101
Отопительная, Гкал/ч:	
Номинальная	97
Максимальная	101
Число ступеней:	
ЦВД (ЧВД)	16
ЦНД (ЧНД)	2
Структурная формула системы регенерации	2ПВД+Д+3ПНД
Расчетная температура питательной воды	206

Таким образом, при помощи данной схемы мы можем утилизировать тепло не только для каких-либо производственных нужд, но также создать полноценную ТЭЦ на базе прокатного производства. Кроме того в данной ситуации возможна бесперебойная работа ТЭЦ при остановке печей.

Так же при использовании данной схемы снижаются выбросы, так как ТЭЦ понадобится сжигать меньше топлива при данной схеме работы, что положительно сказывается на экономии ресурсов, а так же снижает загрязнения окружающей среды [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ващенко Д.Д. Повышение эффективности утилизационных установок прокатного производства путем выноса воздухоподогревателя за котёл-утилизатор // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: эл. сборник докладов [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ, 2022. – Ч. 14. –С. 128-134.
2. Теплотехника металлургического производства. Т. 2. Конструкция и работа печей: Учебное пособие для вузов /Кривандин В.А., Белоусов В.В., Сборщиков Г.С. и др. – М.: МИСИС, 2001. – 736с.
3. Нестеров М.Н., Трубаев П.А., Михайлова М.Ю. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 208-211.
4. Лисин В.С. Стратегические ориентиры экономического развития черной металлургии в современных условиях. М.: Экономика, 2005. 404 с.
5. Каталог продукции. ЗАО «Уральский турбинный завод». – URL: <https://storage.energybase.ru/source/400/vApZXdYy61C5ucobKjKfh2V78049KRvU.pdf> (дата обращения: 06.10.2022).
6. М. В. Самойлов, В. В. Паневчик, А. Н. Ковалев. Основы энергосбережения. М.: БГЭУ, 2002. 198.

УДК 662.614.4

*Ващенко Д.Д., Драпак А.С., Назаренко Р.С.
Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧАХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мировое сообщество в ужасе ищет различные способы сохранить энергетические ресурсы и поддержать экологическую систему, но решение энергетических проблем достаточно затратные. Растет потребление органического топлива, природные ресурсы используются ещё в больших количествах, все это наносит непоправимый вред природе. Осознав негативные последствия влияния своей деятельности на природу, правительство стремится исправить сложившуюся

ситуацию. Запасы энергоресурсов ограничены, необходимо уже сейчас создавать альтернативные методы замещения в настоящее время отлично работающих технологий. При этом необходимо минимизировать потери тепловой энергии по существующим технологиям с целью рационального использования энергоресурсов. В промышленности строительных материалов существует широкий спектр разнообразных технологических процессов, где возможно осуществить на каждом технологическом этапе значительные снижения расточительного использования энергоресурсов.

Повышенное внимание к силикатным продуктам вызвано такими характеристиками, как огнеустойчивость и нетоксичность. Проблема изучения и интенсификации процессов в печи с учетом свойств обрабатываемого материала приобрела особую актуальность. Изменившиеся экономические условия, выработка запасов традиционного сырья, применение техногенного сырья, увеличение выпуска специальной продукции приводят к изменению традиционных составов сырьевых смесей и значительному изменению свойств перерабатываемого материала. Но применяемые в настоящее время методы расчета свойств материалов и теплообмена в печах ориентированы на традиционную сырьевую базу и используют применимые только к ней методы анализа, расчета и усредненные теплотехнические и теплофизические константы [1]. 2275 Изучение взаимосвязи и взаимообусловленности технологических и термодинамических (энергетических) процессов отнесено к области энерготехнологии. Поэтому можно говорить об энерготехнологической работе высокотемпературных аппаратов для получения строительных материалов, и, в частности, цементной печи, рассматривая все виды преобразования материала и энергии (теплоты и внутренней энергии веществ) внутри них. Основой энерготехнологического анализа является комплексный подход к изучению высокотемпературных процессов и аппаратов с использованием методов системного анализа, термодинамики и теплотехники. Энерготехнологический анализ относится к области энергетики теплотехнологии, которая на основе комплексного межотраслевого подхода позволяет решать задачи интенсификации теплотехнических и теплотехнологических процессов, внедрения энергосберегающих технологий, совершенствования схем технологических процессов и конструктивных элементов высокотемпературных аппаратов, определения оптимальных тепловых режимов эксплуатации печей и теплообменных аппаратов. Значительная часть теплоты в печи тратится на декарбонизацию сырья. В печах сухого способа это происходит в отдельных декарбонизаторах,

где теплообмен между газом и материалом значительно интенсивнее, чем внутри вращающейся печи. Это позволяет для печей сухого способа стабилизировать процесс без задержки времени. Решением проблемы снижения энергетических потерь является использование местных альтернативных или возобновляемых источников энергии (при их наличии) или организация работы источника энергоснабжения на тех традиционных видах топлива, доставка которых к указанным объектам является наименее затратной. В качестве таких топлив могут рассматриваться, например, жидкие углеводородные топлива (бензин, дизельное топливо) или сжиженные газы. Таким образом, снижается не только стоимость топлива, но и его доставка до объекта, что позволяет отказаться от систем транспортировки энергоносителей большой протяженности, а также облегчает регулирование отпуска энергии. Например, варка силикат-глыбы, осуществляемая в газопламенных и электро стекловаренных печах представляет собой наиболее известные технологии [2]. Недостатком газопламенных печей является большой расход топлива, низкий КПД и ухудшение экологической обстановки в процессе производства. Снижение экологического прессинга решает использование стекловаренных печей с электрообогревом, но не отменяет проблему энергосбережения. Тепловой режим печи определяется объемной удельной тепловой мощностью, то оптимальному тепловому режиму соответствует определенное значение теплонапряжения. Наибольшее значение объемного теплонапряжения соответствует ситуация, когда полное сгорание топлива невозможно, то есть имеется опасность недожога, а наименьшее – когда по производительности слишком большой запас, то есть печь работает в неэкономичном режиме. Так можно выделить допустимый интервал изменения объемного теплонапряжения, при котором следует поддерживать постоянную производительность. На границах интервала поддерживается постоянный тепловой режим с изменением производительности. Такое ограничение позволит снизить вредное влияние на работу печи переходных процессов, уменьшить удельный расход топлива на обжиг, а также предотвратить ситуации, связанные с недожогом топлива и работой печи в неэкономичном режиме. Производство извести для требует не только определенной подготовки известняка или мела к обжигу, но в основном использования в качестве топлива природного газа, продукты сжигания которого исключают загрязнение извести [3]. Производства относятся производства химически осажденного мела, высокодисперстных оксида и гидроксида кальция, гидрохлорида кальция, кальциевых наполнителей для парфюмированной и медицинской промышленности и

др. Самыми распространёнными печами для производства извести являются шахтные и вращающиеся [4]. Наиболее эффективная печь – шахтная, работающая на газообразном топливе, которая является энергосберегающей и сохраняющей высокий уровень производительности. Использование альтернативных источников энергии с целью производства чистого продукта для проведения. Процесс обжига известняка, как например, СВЧ–энергии, электрообогрева, солнечной энергии, проблематично, т.к. неотработанны реакторные установки для реализации процесса, а также достигнутый уровень исследований не позволяет надеяться организацию в ближайшем будущем многотоннажного производства извести [5]. Поэтому применение газообразного топлива в шахтных известково–обжигательных печах для производства высокообоженной извести с высокой активностью остается необходимым приемом.

Таким образом, если поэтапно продвигать альтернативные источники энергии, то можно снизить расход топлива, улучшить состояние окружающей среды. При этом находят различные решения по сокращению невозобновляемых ресурсов, а также проектов, использующих вторичные источники энергии (использование тепла удаляемого воздуха, использование солнечной энергии и др.) [6]. Использование проектов, заинтересованных в снижении тепловых потерь, использование накопителей тепла и другие приёмы по энергосбережению позволят снизить расходы невозобновляемых ресурсов и продвигаться в области развития использования нетрадиционных источников в теплоэнергетике, а особенно в строительной сфере, где необходимы силикатные материалы [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубаев П. А. Энерготехнологический анализ высокотемпературных процессов и аппаратов производства силикатных материалов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2007. №1. С. 11-13.
2. Нусс М. В. Управление работой цементной вращающейся печи // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. №1. С. 62-65.
3. Губарев А. В., Головков М. А., Дьячук Д. С. Способы и аппараты утилизации теплоты отработавших газов стационарных двигателей внутреннего сгорания // сб. трудов II Междунар. науч.-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. С. 322-326.
4. Губарева В. В. Некоторые экологические аспекты утилизации вторичных ресурсов // Рациональное природоиспользование как фактор

устойчивого развития: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 186 – 192.

5. Шапоров П. В., Питак И. В., Себко В. В. Шахтная печь для мягкого обжига известняка // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2013. №3. С.86-90.

6. Бондаренко А. Н., Тихомирова Т.И. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области // Энергетические, управляющие и информационные системы: сб. статей I-й междунар. науч. технич. конф. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. С. 43-50.

7. Тихомирова Т.И., Щетинин Н.А. Экологические вопросы использования альтернативных источников энергии // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. Ч. 1.С. 135-137.

УДК 62-932.2

Ващенко Д.Д., Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю.

*Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОТЛА ВМЕСТО КОТЛА- УТИЛИЗАТОРА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ВЭР ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Большая часть производственных предприятий имеют в своем материальном балансе определенное количество вторичных энергоресурсов в том или ином виде. Наибольшими тепловыми ВЭР располагают предприятия черной и цветной металлургии, химической, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, промышленности строительных материалов, газовой промышленности, тяжелого машиностроения [1]. В соответствии с официальным определением, вторичные энергоресурсы (ВЭР) – это энергетический потенциал (запас энергии в виде физической теплоты, потенциальной энергии избыточного давления, химической энергии и др.) продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, которые не могут быть использованы в самом агрегате, но могут частично или полностью применяться для энергоснабжения других потребителей [2].

Задача максимального использования ВЭР имеет не только экономическое, но и социальное значение, поскольку снижение

расходов топлива, обеспечиваемое использованием ВЭР, уменьшает вредные выбросы и снижает загрязнение окружающей среды.

ВЭР являются результатом несовершенства процессов при производстве той или иной продукции, следовательно, при более совершенном их использовании, снижается количество высокотемпературных выбросов в атмосферу. Выбросы теплоты в атмосферу могут создать устойчивый «остров теплоты», с превышением нормальной температуры среды на 1 – 4 °С. Это может привести к образованию туманов, облачности, повышенному количеству осадков [3].

Ранее нами была предложена схема, которая позволяет повысить эффективность утилизационных установок прокатного производства. Данная схема позволяла получать пар с более высокими параметрами. Целью данной работы является оценка эффективности установки энергетического котла Е-220-9,8-540 Г вместо котла-утилизатора при утилизации ВЭР прокатного производства [4].

Для получения правильной оценки необходимо составить тепловой баланс котла на уходящих газах, что в свою очередь невозможно без расчета горения топлива в печи.

В нашем случае, природный газ (табл. 1) сжигается в печи, поэтому произведем расчет горения топлива. Расчет произведем в соответствии с методикой, представленной в [5]. В результате расчета получим энтальпию уходящих газов на входе в котел $I = I_{0r} + (\alpha - 1)I_{0b} = (0,99 \cdot 1712 + 7,45 \cdot 1098 + 2,14 \cdot 1334) + (1,17 - 1) \cdot 9,42 \cdot 1129 = 14424,6$ кДж/м³. И энтальпию уходящих газов при температуре 250 °С.

Таблица 1 – Состав топлива

Состав газа по объему, %						Низшая теплота сгорания, МДж/м ³	Коэффициент избытка воздуха
СН ₄	С ₂ Н ₆	С ₃ Н ₈	С ₄ Н ₁₀	СО ₂	N ₂		
98,72	0,12	0,01	<0,01	0,14	1,00	35,5	1,05

Составляем баланс для пароводяного тракта котла.

Приход тепла:

Количество тепла, вносимого в котел дымовыми газами после печи, кДж/ч:

$$Q_{вн} = \frac{I_{800}}{V_r} \cdot V = 1135,8 \cdot 1050 \cdot 10^3 = 1192,6 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч}, \quad (1)$$

V – расход технологических газов принят в соответствии с паропроизводительностью котла Е-220-9,8-540 Г на основании расчетов в [1], м³/ч.

Расход тепла:

1. Потери тепла с уходящими газами:

$$q_2 = \frac{I_{yx} \cdot 100}{I_{800}} = \frac{376,4 \cdot 100}{1135,8} = 33,1 \%, \quad (2)$$

где I_{yx} – энтальпия уходящих газов после котла при $t''_r = 250$ °С, кДж/м³.

$$Q_2 = \frac{Q_{вн} \cdot q_2}{100} = \frac{1192,6 \cdot 10^6 \cdot 33,1}{100} = 394,75 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч.} \quad (3)$$

2. Потери тепла в окружающую среду принимаем $q_5 = 1,7$ %.

$$Q_5 = \frac{Q_{вн} \cdot q_5}{100} = \frac{1192,6 \cdot 10^6 \cdot 1,7}{100} = 20,27 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч.} \quad (4)$$

Сумма тепловых потерь составит:

$$\Sigma q_{п} = q_2 + q_5 = 33,1 + 1,7 = 34,8 \%; \quad (5)$$

$$Q_{п} = 394,75 \cdot 10^6 + 20,27 \cdot 10^6 = 415,02 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч.}$$

Коэффициент сохранения тепла котла, %:

$$\eta = 100 - \Sigma q_{п} = 100 - 34,8 = 65,2 \%. \quad (6)$$

Коэффициент сохранения тепла котла:

$$\phi = 1 - \frac{0,5}{\eta + 0,5} = 1 - \frac{0,5}{65,2 + 0,5} = 0,99. \quad (7)$$

3. Количество воспринятого тепла, кДж/ч:

$$Q_{ка} = \frac{Q_{вн} \cdot \eta}{100} = \frac{1192,6 \cdot 10^6 \cdot 65,2}{100} = 777,58 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч.} \quad (8)$$

Таблица 2 – Тепловой баланс котла

Приход	кДж/ч · 10 ⁶	Расход	кДж/ч · 10 ⁶
Теплота, вносимая отходящими газами, $Q_{вн}$	1192,6	Количество воспринятого тепла, $Q_{ка}$	777,58
		Потери тепла с уходящими газами, Q_2	394,75
		Потери тепла в окружающую среду, Q_5	20,27
Всего	1192,6	Всего	1192,6

$$\text{Невязка} = \frac{Q_{прих} - Q_{расх}}{Q_{прих}} \cdot 100 = \frac{1192,6 \cdot 10^6 - 1192,6 \cdot 10^6}{1192,6 \cdot 10^6} \cdot 100 = 0 \% < 5\%,$$

следовательно, тепловой баланс составлен верно.

Определение расходов пара и воды

1. Паропроизводительность котла, кг/ч:

$$G_{п} = \frac{Q_{ка}}{(i_{пп} - i_{пв}) + 0,05 \cdot (i_{кв} - i_{пв})}, \quad (9)$$

где $i_{пп}$, $i_{пв}$, $i_{кв}$ – энтальпии перегретого пара, питательной воды и котловой воды соответственно, при соответствующих температурах кДж/кг [6].

$$i_{\text{пп}} = 3476,94 \text{ кДж/кг при } t_{\text{пп}} = 535 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$i_{\text{пв}} = 420 \text{ кДж/кг при } t_{\text{пв}} = 104 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$i_{\text{кв}} = 1354,5 \text{ кДж/кг при } t_{\text{кв}} = 301,74 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$G_{\text{п}} = \frac{777,58 \cdot 10^6}{(3476,94 - 420) + 0,05(1354,5 - 420)} = 250\,536 \text{ кг/ч.}$$

2. Расход воды на продувку, кг/ч:

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{п}} \cdot 0,05 = 250536 \cdot 0,05 = 12526,8 \text{ кг/ч.} \quad (10)$$

3. Расход воды через водяной экономайзер, кг/ч:

$$G_{\text{взк}} = G_{\text{п}} + G_{\text{пр}} = 250536 + 12526,8 = 263062,8 \text{ кг/ч.} \quad (11)$$

Таким образом в результате расчетов получаем, что котел способен работать на отходящих газах от печи и при этом производить достаточное количества пара, чтобы его можно было направлять в турбину, для дальнейшего использования.

Повышение эффективности позволит возводить утилизационные ТЭЦ или ТЭС на данном производстве, что существенно повысит экономическую эффективность предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карабасов Ю.С. Сталь на рубеже столетий. М.: МИСиС, 2001. 664 с.

2. Трубаев П.А. Энерготехнологический анализ высокотемпературных процессов и аппаратов производства силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 1. С. 11-13.

3. Губарев А.В., Лозовой Н.М. Конструкция и варианты модернизации конденсационного водогрейного котла // Энергетические системы. 2018. С. 23-20.

4. Ващенко Д.Д. Повышение эффективности утилизационных установок прокатного производства путем выноса воздухоподогревателя за котёл-утилизатор // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: эл. сборник докладов [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ, 2022. – Ч. 14. –С. 128-134.

5. Губарев А. В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий: учеб. Пособие для вузов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013 –240 с.

6. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. Рек. Гос. службой

стандартных справочных данных. ГСССД – М.: Издательство МЭИ. 2003 – 168с.; ил.

УДК 699.1.107

Ващенко Д.Д., Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю.

*Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ КАК ИСТОЧНИК ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ

Энергетика является основной отраслью народного хозяйства нашего государства. По долгосрочным прогнозам, к 2060 году в мире предполагается примерное удвоение (по сравнению с 2010 – 2015 гг.) потребление первичных энергоресурсов с повышением доли твердого топлива, и сокращением доли нефти и природного газа. Следует отметить, что в настоящее время в топках котлов сжигается более половины производимого котельно-печного топлива. Поэтому его рациональное использование имеет большое значение. Большую важность приобретает тенденция рационального использования топливно-энергетических ресурсов и использование вторичных энергоресурсов (ВЭР) [1].

В соответствии с принятыми методическими положениями по выявлению и направлению использования ВЭР на промышленных предприятиях под вторичными энергоресурсами подразумевают энергетический потенциал [2]. Под энергетическим потенциалом понимается наличие в продуктах определенного запаса энергии (химически связанной теплоты, физической теплоты, потенциальной энергии избыточного давления).

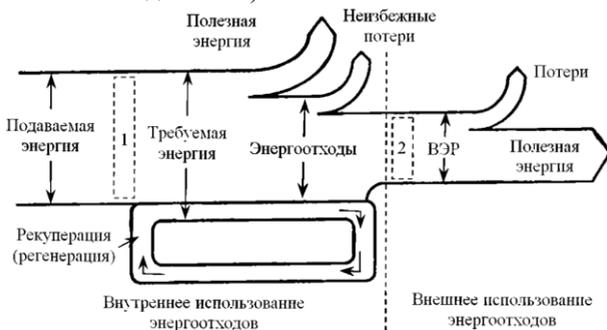


Рис. 1 Схема использования энергетических отходов

Вторичные энергоресурсы по своим техническим характеристикам и ценностям значимости могут быть разделены на следующие группы:

- горючие (топливные) ВЭР – горючие газы плавильных печей, горючие отходы процессов химической и термохимической переработки углеродистого или углеводородного сырья, неиспользуемые для дальнейшей технологической переработки отходы деревообработки, щелочи целлюлозно-бумажного производства и др.;

- тепловые ВЭР – физическая теплота отходящих газов технологических агрегатов, физическая теплота основной и побочной продукции, теплота рабочих тел систем и принудительного охлаждения технологических агрегатов, теплота горячей воды и пара, отработавших в технологических и силовых установках, и др.;

- ВЭР избыточного давления – потенциальная энергия газов и жидкостей, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением, которое необходимо снижать перед последующей ступенью использования этих газов и жидкостей или при выбросе их в атмосферу [3].

По направлению возможного использования ВЭР различают:

- теплотехническое – использование и потребление непосредственно получаемых в качестве ВЭР пара и горячей воды или при выработке их за счет утилизации горючих и тепловых ВЭР в утилизационных котельных. К этому направлению относится также генерирование холода за счет использования ВЭР;

- электроэнергетическое – при генерировании электроэнергии в утилизационных установках (утилизационных электростанциях) за счет ВЭР;

- комбинированное – с выработкой в утилизационных теплоэлектроцентралях теплоты и электроэнергии по теплофикационному графику.

ВЭР можно использовать в качестве топлива, либо непосредственно (без изменения вида энергоносителя), либо за счет выработки теплоты, электроэнергии, холода и механической работы в утилизационных установках [4].

Энергосбережение – главный источник удовлетворения энергетических потребностей [5]. По оценкам международных экспертов экономия первичных ресурсов в мире по отношению к 1985 г. в 2000 г. составила 4,5 млрд. т. у.т. Такая экономия позволяет снизить энергоемкость мирового общественного продукта на 20 %.

Первоочередные задачи в энергосбережении, пути развития экономики:

1) отбор наиболее эффективных мероприятий, апробирование в промышленных условиях и дающих экономический эффект при малых затратах;

2) направить усилия научных и конструкторских организаций на создание экологически чистых и безопасных технологий;

3) необходимость учета энергетических ресурсов на всех стадиях: от добычи до использования.

Тепловые схемы являются важным этапом при проектировании тепло-технологических, от рациональности построения тепловой схемы установки в значительной степени зависит ее экономичность в плане топлива и ресурсосбережения [6].

Различают 3 вида тепловых схем:

1) тепловые схемы с регенеративным теплоиспользованием;

2) тепловые схемы с внешним теплоиспользованием;

3) комбинированная тепловая схема, т.е. сочетает в себе совокупность 1) и 2).

Тепловая схема с регенеративным теплоиспользованием подразумевает использование теплоты уходящих газов, технологического продукта и шлаков для подогрева исходного сырья и компонентов горения, т.е. топлива и окислителя (воздуха). Регенеративное теплоиспользование осуществляется, например, во вращающихся печах, по производству цементного клинкера, стекловаренных печах и котельных агрегатах [7].

Тепловая схема с внешним теплоиспользованием подразумевает использование теплоты уходящих газов, технологического продукта и шлаков, во внешних установках, которые не относятся к рассматриваемому технологическому агрегату.

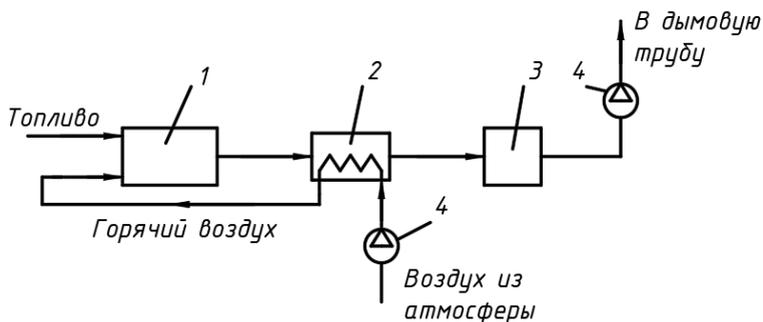


Рис. 2 Комбинированная тепловая схема утилизации ВЭР прокатной печи
1 – прокатная печь с СИО; 2 – Воздухоподогреватель; 3 – котел-утилизатор; 4 – дымососы и вентиляторы.

В наше время производство очень быстро растет потребление различных ископаемых видов топлив, которые при использовании выделяют большое количество загрязняющих веществ. Масштабное использование ВЭР позволит снизить количество выбросов, а также эффективно использовать полученную энергию при утилизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гашо Е.Г. Общие приоритеты создания межотраслевого «горизонтального» справочника по наилучшим доступным технологиям повышения энергоэффективности в Российской экономике // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 314-321.

2. Розенгарт Ю.И. Вторичные энергетические ресурсы и их использование. - М.: Высшая школа, 2008.

3. Михайлов В.В. Рационально использовать энергетические ресурсы. - М.: Знание, 1980.

4. Кузнецов В.А. Численное исследование горения и теплообмена при обжиге керамзита во вращающейся печи // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 170-174.

5. Петкевич А.П., Тихомирова Т.И. О потенциале энергосбережения 2015-2020 г. // Энергетические системы. 2016. С. 128-132.

6. Кривандин В.А., Белоусов В.В., Сборщиков Г.С. Теплотехника металлургического производства. Т. 2. Конструкция и работа печей: Учебное пособие для вузов М.: МИСИС, 2001. – 736с.

7. М. В. Самойлов, В. В. Паневчик, А. Н. Ковалев. Основы энергосбережения. М.: БГЭУ, 2002. 198.

УДК 620.9

Ващенко Д.Д., Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С.

Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

В современном мире необходимым условием сохранения жизни и развития цивилизации является обеспечение человечества достаточным количеством энергии и топлива.

Ввиду ограниченности природных ресурсов, стоимость на них постепенно возрастает. Вместе с тем в прямой зависимости находится расход энергии на снабжение зданий и сооружений. В связи с этим пристальное внимание необходимо уделить рациональному использованию энергетических ресурсов. В данной статье коротко рассмотрены основные векторы развития энергосбережения, направленные на повышение энергоэффективности. Модернизация энергокомпаний. Появление и совершенствование интеллектуальных энергокомпаний, элементы которых позволяют клиентам получить эффективные и информированные решения об использовании энергии: умное измерение, оборудование на вводе клиента, приложения для рыночного и системного оператора, варианты норм и счетов, программы и органы управления энергоэффективностью. Умный учет повышает эксплуатационную эффективность и удовлетворяет потребителя. Оборудование на вводе клиента связывает потребителя и компанию через умный учет, дает возможность клиентам делать более обоснованные решения о потреблении энергии. Энергетическое качество становится важнее для жилых потребителей так же, как промышленных и коммерческих клиентов, добавляется больше приборов дома, лучшее управление и контроль нужны для большинства потребителей. Управление отключением электричества связано с системами управления взаимосвязью с потребителями, где их могут уведомлять через канал доступа о приблизительной длительности отсутствия электроэнергии. С технологией умного учета и связями с информационной системой потребителя этого можно достичь. Для повышения уровня понимания того, что используют потребители энергии и в какое время она потребляется, программы сетевого и рыночного оператора связываются с системой генерации. Большим преимуществом оказывается способность клиента распоряжаться использованием энергии, в сумме с информацией для контроля использованием и повышения точности расчетов. Благодаря умным счетчикам энергетические компании обязаны предложить быстрое обслуживание потребителя по проблемам считывания измерений, чтобы быстро решить такие проблемы по первому вызову. С умным учетом и правильными программами более комфортно и более быстро для потребителя и компании могут проходить отключения и запуск питания. Энергоснабжение и эксплуатационная готовность через лучшее управление отключением электричества могут привести к местной экономической прибыли [1].

Введение комплексных программ:

1) Анализ нынешнего состояния жилищного фонда РФ показал, что повышенная потребность и невысокое качество капитального ремонта считается одной из главных проблем. Для решения проблемы сбережения энергии ввиду этого необходима разработка новых организационно-технологических способов управления многоквартирным жилым фондом с учетом требований энергоэффективности.

2) Рассмотрены главные проблемы и зарубежный опыт в сфере энергосбережения в жилищном фонде РФ, в итоге выявлена необходимость комплексного подхода при планировании и проведении мероприятий по повышению энергоэффективности.

3) Найдены факторы и показатели сбережения энергетических ресурсов. Определено существование различных способов выявления направлений энергосбережения, а также отсутствие точного понимания данной категории.

4) Определено, что в области энергосбережения нормативно-правовая база не устанавливает обязательного перечня видов работ по увеличению энергоэффективности и не предусматривает оценку эффективности их применения при капитальном ремонте жилых многоквартирных домов.

5) Доказано, что для выполнения Федерального закона № 261-ФЗ требуется комплексная программа по восстановлению жилищного фонда и увеличению его энергоэффективности.

6) Выявлено, что потенциал энергосбережения от общего объема потребления энергоресурсов в России в жилищном фонде составляет 26% [2].

Проблема уменьшения энергозатрат, энергосбережения в мировом аспекте становится все актуальнее. Опыт различных стран в решении данной проблемы показывает, что наиболее эффективным оказывается снижение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования и тепловых сетей. В связи с этим обращает внимание на себя стремительное развитие промышленности теплоизоляционных материалов в анализируемых странах. Теплоизоляционные материалы. В странах, например, как США, Германия, Швеция, Финляндия и др., объем производства теплоизоляционных материалов на душу населения в 6 раз превышает производство утеплителей на одного жителя в России. На территории РФ основным видом утеплителей считаются минераловатные изделия, общий объем выпуска и потребления которых составляет более 65%, 20% – пенополистирол и другие пенопласты, примерно 8 % занимают материалы из стекловаты. Доля теплоизоляционных ячеистых бетонов

в общем объеме выпускаемых утеплителей не выше 3%; вспученного перлита, вермикулита и изделий на их основе – 23% (по вспученному продукту). Требуется увеличение выпуска теплоизоляционных материалов и числа сооружений для производства.

На нынешнем российском рынке теплоизоляционных материалов преобладают волокнистые материалы (стекловата, базальтовая вата), а также экструзионный пенополистирол – ЭПП (XS) и вспененный пенополистирол – ПСБ-С (ES). Крупнейшим потребителем пенополистирола является строительная отрасль. В России с повышением выпуска теплоизоляционных материалов из пенополистирола и ростом строительства значение этого сырья для промышленности строительных материалов возросло многократно. Сегмент строительных пенополистирольных плит на данный момент отмечается острой конкуренцией между вспененным и экструдированным теплоизоляционными пенополистиролами. Изготовленный методом экструзии материал качественнее, но его стоимость выше, чем у «белого собрата». Доминирующая часть рынка теплоизоляции состоит из минеральной ваты и стекловаты. Большая его часть занимается материалами отечественного производства. Перспектива развития рынка теплоизоляции в России основывается на: непрерывающемся росте интереса к энергоэффективным решениям, монополизации рынка теплоизоляционных материалов, развитии государственных программ энергосбережения, проблемах материалов низкого качества [3].

Главным фактором уменьшения значений фактического термического сопротивления ограждающих конструкций по отношению к расчетным является не применяемые материалы, а их конструктивное исполнение. Ограждающие конструкции, устанавливаемые при строительстве вместе с утеплителем, обладают теплопередачей с фактическим сопротивлением ниже расчетного. Собираемые в заводских условиях ограждающие конструкции, а также кладки которых выполнены из блоков или кирпичей по теплозащитным характеристикам соответствуют своим заявленным свойствам. Для стеновых конструкций с утеплителем разность термического и расчетного сопротивления наибольшая. Фактором влияния на термическое сопротивление является способ установки утеплителя и место монтажа пароизоляции. Производители могут заявлять заниженную теплопроводность материалов, что характеризуется значительно более низкими действительными величинами термического сопротивления ограждающих конструкций, которые проектируются с повышенными теплозащитными свойствами. Таким

образом выбор оптимального конструктивного исполнения ограждающих конструкций даст возможность в наибольшей мере сэкономить энергию. Это крайне важно в индивидуальном строительстве, ввиду высокого коэффициента компактности малоэтажных зданий, в сравнении с многоэтажными и, следовательно, высокого удельного расхода на отопление при одном и том же исполнении ограждающих конструкций и перерасхода энергии при имеющихся в них дефектах [4].

Оценки экспертов констатируют тот факт, что на сегодняшний день доля потерь энергетических ресурсов, поступающих в здания, составляет 40%, что приводит к высоким затратам энергии на отопление. Определяемое на основе теплового баланса здания энергосбережение в жилом фонде может достигать 40% благодаря модернизации оконных и дверных заполнений, утеплению ограждающих конструкций. Это адекватно экономии 15% от всей выработанной в стране энергии. Одним из эффективных направлений по уменьшению теплопотерь является применение энергоэффективного остекления. Его свойства сберечь тепло, в основном, зависят от стекла, применяющегося в стеклопакетах. Наиболее важно увеличение термического сопротивления оконных блоков при помощи использования более совершенных конструкций окон и новых материалов, применения стеклопакетов, монтажа эффективных уплотнений, применения энергосберегающих стекол и определенных нанесений для них. Таким образом, применение низкоэмиссионных стекол приводит к сбережению энергии. При этом рекомендуется использование специальных стеклопакетов, в которых одно из стекол теплосберегающее. При этом у низкоэмиссионных стекол повышенные светопропускание и прозрачность, одновременно с этим они обеспечивают высокие значения коэффициента тепловой изоляции, так как отражают теплоэнергию обратно в помещение. Ввиду их прозрачности свет попадает в помещение, а тепло, накопившееся там, отражается внутрь. У низкоэмиссионного стекла интенсивность излучения за пределы помещения снижается во много раз, следовательно, снижаются тепловые потери. Производимые данным способом покрытия весьма прочны, благодаря чему их и называют «твердыми», а стекла с таким покрытием – К-стеклами. Кстекла снижают тепловое излучение (тепловые потери) в 4 – 4,5 раз. Таким образом, установка стеклопакетов с низкоэмиссионным стеклом даст возможность существенного сбережения энергии и обеспечения комфортных условий в помещении [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нестеров М.Н., Трубаев П.А., Михайлова М.Ю. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 208-211.
2. Вопросы энергосбережения в условиях устойчивого функционирования, модернизации и развития жилищного фонда / М.М. Косухин, О.Н. Шарапов, М.А. Богачева, А.М. Косухин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 51-61.
3. Тарасенко В.Н. Денисова Ю.В. Проблема энергосбережения в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 63-68.
4. Анализ термического сопротивления ограждающих конструкций различного типа по результатам инструментальных измерений / П.Н. Тарасюк, Д.А. Ващенко, П.А. Трубаев, В.В. Радченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 142-147.
5. Тихомирова Т.И., Щетинина И.А., Щетинин Н.А. Об энергосберегающем остеклении // Научные технологии и инновации: Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2016. Ч. 1. С. 211-214.

УДК 697.34

Ващенко Д.Д., Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С.
Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ

Стратегические ориентиры долгосрочной энергетической политики России – улучшение энергобезопасности, сокращение бюджетных расходов, повышение энергоэффективности экономики и экологической безопасности энергетики – диктуют необходимость поиска возможностей стимулирования и поддержки на государственном уровне инновационных инициатив хозяйствующих субъектов в инвестиционной и эколого-экономической сферах. Система городского управления энергетическими ресурсами — это совокупность стратегических и практических мероприятий,

направленных на достижение устойчивого и эффективного потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и включает в себя как организационные, так и технические мероприятия на объектах, находящихся в городском управлении. Перспективы развития централизованного теплоснабжения определяются задачами совершенствования и повышения эффективности строительства и эксплуатации теплоисточников, систем транспортирования и потребителей тепла. Важным этапом современного развития централизованного теплоснабжения крупных городов, особенно в связи со строительством зданий повышенной этажности, является повышение надежности теплоснабжения [1].

Проект энергоснабжения удаленных потребителей относят к преимущественно техническим, традиционным для отрасли, но устаревшими для определенного заказчика или территории (если проект реализуется впервые), к уникальным по значению его индивидуальных параметров и к стандартным по набору инструментов и практик управления (если проекты реализуются на территориях с аналогичными физико-химическими, природно-климатическими, экономическими и др. условиями) [1]. Темы про повышение энергосбережения являются очень актуальными не только потому, что мы должны беречь ресурсы, хоть это и является основной задачей, но, а также рынок становится всё более развитым и цены на энергосберегающую продукцию становится всё выше, поэтому в РФ необходимо создать конкурентоспособную среду. РФ не является исключением и является ярким сторонником, который разрабатывает программы по энергосбережению. Так был принят Федеральный Закон от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», который направлен на эффективное энергосбережение и снижение энергопотребления на 40% к 2020 году. В Белгородской области была принята долгосрочная целевая программа "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Белгородской области на 2010-2015 годы и целевые показатели на период до 2020 года " [2]. Данная программа была направлена на бюджетные учреждения, предприятия топливно-энергетического комплекса, также на жилищно-коммунальное хозяйство области, предприятия аграрно-промышленного комплекса и промышленности в целом. В Белгородской области проводится энергоаудит. Энергоаудит позволяет выявить места и потенциалы где можно сэкономить ресурсы при сохранении полезного действия других ресурсов. Так в области были построены новые здания, которые

удостаиваются класса А энергоэффективности, так как построены по всем требованиям энергоэффективности. Одним из методов снижения энергетических потерь в теплосетях является снижение расстояния между источником и потребителем, с целью уменьшения тепловых нагрузок, так как, чем больше тепловая нагрузка подключаемого потребителя и чем ближе к конечному потребителю он расположен, тем большее влияние оказывается на его коэффициент гидравлической устойчивости. Для устранения разрегулировки необходимо выполнение расчетов потокораспределения, и в случае отклонения реальных расходов от расчетных значений проведение наладочных мероприятий. По существу, наладочные мероприятия заключаются в увязке гидравлических сопротивлений теплопотребляющих установок в соответствии с режимом работы сетевого оборудования и требуемыми расходами теплоносителя. Например, в России на долю тепловой энергии приходится 35% всей вырабатываемой энергии. Вследствие этого в первую очередь для экономии первичных энергоресурсов необходимо сократить энергию, потребляемую ТЭЦ [3]. Но наличие дорогостоящих и периодически выходящих из строя систем транспорта энергии (тепловые и электрические сети), что также влияет на потребляемую ТЭЦ. Необходимо отметить, что потери энергии в системах транспортировки составляют значительную долю всех потерь в энергосистеме [1]. Также существенными недостатками централизованных систем являются их низкая маневренность, сложность централизованного регулирования отпуска энергии, невысокая эффективность оборудования таких систем и систем в целом. Решением проблемы снижения энергетических потерь является использование местных альтернативных или возобновляемых источников энергии (при их наличии) или организация работы источника энергоснабжения на тех традиционных видах топлива, доставка которых к указанным объектам является наименее затратной. В качестве таких топлив могут рассматриваться, например, жидкие углеводородные топлива (бензин, дизельное топливо) или сжиженные газы. Таким образом, снижается не только стоимость топлива, но и его доставка до объекта, что позволяет отказаться от систем транспортировки энергоносителей большой протяженности, а также облегчает регулирование отпуска энергии [4]. Использование возобновляемых источников энергии не только экологически обусловлено применением в различных отраслях, но и при использовании возобновляемых источников энергии отпадает необходимость в добыче, переработке, обогащении и транспортировке топлива, снимается проблема утилизации или захоронения вредных

отходов традиционных энергетических производств [4]. Одним из популярнейших источников возобновляемой энергии может стать энергия Солнечного излучения, преобразованная в тепловую энергию гелиоколлектором [5]. Это способствовало бы повышению эффективности работы системы, уменьшению потребления энергии от традиционного источника энергии для работы компрессора теплового насоса, а также позволило аккумулировать тепловую энергию в грунтовом массиве в летние месяцы. Способность теплового насоса брать энергию из окружающей среды выгодно отличает его от других теплогенераторов, которые все свои тепловые потери вместе с продуктами сгорания сбрасывают в атмосферу. Для теплосетей очень важны насосные станции, которые помогут снизить расточительные затраты на энергию. Для более эффективного проведения расчетов работы и регулирования нагнетателей при их работе в гидравлической сети нужно, чтобы данные со всех, что необходимо при решении задач автоматизации и управления насосным оборудованием с целью снижения затрат энергии при их эксплуатации [6]. Также автоматизация тепловых станций, которая дополнительно может учесть некоторые погодные условия по данным метеорологической станции, как, например, скорость ветра, наличие осадков; освещенность, что очень актуально для все регионов России. Таким образом, можно определить оптимальный тепловой режим здания, составить экономически выгодную режимную карту в зависимости от вида системы теплоснабжения [3]. Существует множество способов энергосбережения и повышения энергоэффективности, но на это необходимо время и финансирование. Рациональному использованию энергии может послужить недостаточной практикой использования солнечной, ветровой энергии, также в неэффективности метода использования приборов контроля и учёта энергии, неправильный подбор материала для утепления стен или его толщины, ошибка в теплоизоляционных свойствах материала.

В мировой практике для повышения энергетической эффективности уже давно используются системы энергетического менеджмента. Для адаптации подобного опыта в рамках Российской федерации, важным является создание единого комплекса технических и организационных мероприятий, который позволит существенно снизить затраты на коммунальные платежи. В городах России стремятся организовать единую отлаженную автоматизированную систему по организации эффективного энергосбережения. Всё это необходимо не только для главной цели, то есть для сбережения ресурсов, но и для повышения уровня качества жизни, к техническому

росту, чтобы была возможность сохранить ресурсы и экологию [2]. Субъекты РФ выполняют стратегию по сбережению ресурсов в целом не только созданием программ, законов, но и с совместной работы органов местной власти и бизнесом. Ведь на международной арене существует огромная конкуренция, и истощение ресурсов требует кардинальных изменений, чтобы нашим потомкам была возможность комфортно жить.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихомирова Т.И., Щетинина И.А., Щетинин Н.А. Энергосбережение при утеплении фасадов зданий // Энергетические, управляющие и информационные системы: сб. статей I-й междунар. науч. технич. конф. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. С. 154-156.
2. Бондаренко А. Н., Тихомирова Т.И. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области // Энергетические, управляющие и информационные системы: сб. статей I-й междунар. науч. технич. конф. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. С. 43-50.
3. Губарев А.В., Головков М.А., Дьячук Д.С., Бычихин С.А. Способы и аппараты утилизации теплоты отработавших газов стационарных двигателей внутреннего сгорания // Энергетические системы: сб. трудов II Междунар. науч.-техн. конф. БГТУ им В.Г. Шухова, Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. С. 322-326.
4. Малахов П. И., Гушин С. В., Семенов А. С., Киреев В. М. Влияние подключения новых потребителей на гидравлическую устойчивость тепловых сетей // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. № 8. С. 82-87.
5. Тихомирова Т.И., Щетинин Н.А. Экологические вопросы использования альтернативных источников энергии // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. Ч. 1.С. 135-137.
6. Трубаев П.А. Методы автоматизации управления энергоэффективной работой насосов и насосных установок // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 2. С. 142-147.

УДК 621.548

Громов Н.А.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РОССИИ

Использование различных альтернативных энергетических систем в современных реалиях обусловлено рядом экологических проблем, изменениями климата, увеличением спроса потребителей на электроэнергию, нестабильными ценами на энергоносители. Россия взяла курс на развитие возобновляемых источников еще в 2009 году, поставив цель достичь на них производства 4,5% общей выработки энергии к 2024 году. Среди существующих сейчас и относимых к числу возобновляемых источников энергии - солнце, ветер, приливы. Использование энергии ветра является одним из самых перспективных направлений в современной энергетике. Ветроэнергетика - отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве [1]. В настоящее время создаются все новые конструкции различных ветровых установок, где устраняются все минусы, которые были в предшествующих моделях.

Среди достоинств ветроэнергетики следует отметить неисчерпаемость имеющихся в наличии ресурсов и ее экологичность, обеспеченная за счет того, что ветровые электрические станции не производят выброс в атмосферу вредных веществ. К сожалению, деятельность ветровых электрических станций напрямую зависит от текущего времени года, а именно от скорости ветра. Для того, чтобы ветровым установкам произвести больше кинетической энергии необходима высокая скорость ветра. Сегодня эта проблема решается за счет использования специальных аккумуляторов, потребляющих большое количество энергии в дни, когда хорошо дует ветер, а затем возвращают энергию, когда наблюдается штиль. Ветряная электростанция может располагаться только в тех районах, где постоянно дует ветер.

Эффективные с энергетической точки зрения ветровые зоны, где рационально применение на практике ветроэнергетических систем в России, находятся на арктическом побережье, на Волге и на территории

Дальнего Востока. Относительно экономического фактора можно сделать вывод о том, что в дальнейшем работать над развитием ветроэнергетики будет более всего целесообразно лишь на территориях, на которых показатели средней скорости ветра - от 3-5 м/с. В случае, если показатели скорости ветра составляют свыше 7 м/с, в таком случае рационально использовать ветроэнергетические установки (ВЭУ), имеющие большую мощность, а также показатели производительности (рис.1).



Рис. 1 Зоны среднегодовых скоростей ветра в России

Самые большие показатели скоростей ветра в центральной части России отмечены в городе Чебоксарах, Саранске, Казани и т. д. Что касается максимальных показателей скорости ветра 7 м/с, то они отмечаются на ст. Арзамас, находящейся на территории Нижегородской области, в восточной части Предуралья, а так же на некоторых границах РФ, где скорость доходит до показателя 4,5 м/с (рис.1).

Сегодня в России наблюдается стремительное развитие ветроэнергетики в регионах России, что доказывает работоспособность отечественной системы поддержки «зеленой» энергетики». Данная система так же включает в себя программу стимулирования строительства ветропарков, которая существует с 2013 года. Она основана на поддержке инвестиций в эту отрасль за счет потребителей энергорынка. Проекты распределяются на конкурсах, победители гарантируют их своевременный ввод, заключают договоры поставки мощности с потребителями, при условии, что рынок оплачивает тариф на мощность в течение 15 лет с доходностью 12%. Основными инвесторами в ветропарки России

сегодня являются Финский Fortum в партнерстве с Роснано и РФПИ, технологический партнер - датская компания Vestas, подконтрольная итальянской Enel генерирующая компания Enel Russia, а так же Росатом в партнерстве с Газпромбанком и технологический партнер - голландская компания Lagerwey [2].

В России так же активно функционирует Фонд развития ветроэнергетики (совместный инвестиционный фонд, созданный на паритетной основе Группой «Роснано» и ПАО «Фортум»), который недавно разместил данные о том, что за прошедший 2021 год в нашей стране смонтировано 114 ветроэнергетических установок, а портфель реализованных проектов Фонда увеличился до 1078 МВт. Производство и сборка основных компонентов – лопастей, башен, гондол было осуществлено в России. Степень локализации оборудования сданных в эксплуатацию ветроэлектростанций подтверждена Министерством промышленности и торговли России и составляет более 65 %.

Так же в докладе о работе Фонда сообщается о том, что в Астраханской области были построены и начали поставку электроэнергии и мощности на оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ) сразу пять объектов ветрогенерации: Излучная ВЭС, Манланская ВЭС, Старицкая ВЭС, Холмская ВЭС и Черноярская ВЭС. На территории станций, суммарная мощность которых составляет 340 МВт, смонтирована 81 ветроэнергетическая установка производства компании Vestas. Астраханские ВЭС стали вторым крупнейшим ветроэнергетическим кластером Фонда после кластера мощностей в Ростовского области.

Кроме того, в Волгоградской области в декабре началась промышленная эксплуатация Котовской ВЭС мощностью 88 МВт. На территории станций смонтирована 21 ветроэнергетическая установка производства компании Vestas мощностью 4,2 МВт каждая. Котовская ВЭС стала первым объектом ветрогенерации в Волгоградской области, но Фонд уже реализует следующий инвестиционный проект в регионе: в четвертом квартале 2022 года планируется ввод в эксплуатацию Новоалексеевской ВЭС мощностью 17 МВт [3].

В Ростовской области Фонд развития ветроэнергетики начал промышленную эксплуатации второй очереди Казачьей ВЭС. В 2021 году на территории ВЭС были смонтированы 12 ветроэнергетических установок производства компании Vestas мощностью 4,2 МВт каждая, и станция вышла на проектную мощность в 100 МВт. В Ростовской области на декабрь 2021 года реализована самая масштабная региональная инвестиционная программа Фонда. С вводом в эксплуатацию второй очереди Казачьей ВЭС суммарная установленная

мощность расположенного в Ростовской области крупнейшего ветроэнергетического кластера России увеличилась до 400 МВт [2].

В заключение необходимо сказать, что экономика России обладает высоким потенциалом энергоэффективности, а так же стоит отметить, что благодаря результатам работы Фонда развития ветроэнергетики, стало возможным преодолеть особый для России порог, в виде совокупного ввода мощностей ветровых электростанций свыше 1 ГВт. Данных показателей смогли достигнуть, несмотря на ограничения, вызванные пандемией COVID-19, а так же мировой рост цен на металлы и строительные материалы. Таким образом, бесспорным является необходимость увеличения доли ветроэнергетики в российской энергосистеме, что может быть обеспечено только при вводе в работу новых законопроектов, а также вложении с этой целью финансов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ветроэнергетика в России, развитие технологии в ветроэнергетике / Ветроvig.ru URL: http://vetrodvig.ru/?page_id=710

2. Федоров С.С., Кобелев Н.С., Тютюнов Д.Н., Бойцова Е.А., Бурилич И.Н., Минко В.А., Дорошенко Е.В. Системы автоматического регулирования параметров теплоносителя отапливаемых зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 111-115.

3. Кобелев Н.С., Минко В.А., Кобелев В.Н., Семиненко А.С., Гунько И.В., Токарева А.В., Тарасов Д.М. Энергосберегающее решение в биосферных системах отапливаемых жилых и общественных зданиях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 62-65.

УДК 620.95

Драпак А.С., Ващенко Д.Д., Назаренко Р.С.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

БИОМАССА КАК НЕТРАДИЦИОННЫЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Вопрос ограниченности запасов невозобновляемых источников энергии с каждым годом набирает остроту не только в пределах России, но и всего мира в целом. Мировых запасов одного только угля хватит

лишь на 200...250 лет, примерно на такой же срок рассчитаны суммарные запасы нефти и природного газа [1]. Ограниченность запасов традиционных видов топлива и повышение спроса обуславливают постоянное повышение их цены на мировом рынке [2].

Важным вопросом является также экологическая обстановка вокруг технологических установок, систем и комплексов, использующих традиционные виды топлив. Эти и другие проблемы выводят в ранг наиболее приоритетных задач широкое развитие и использование технологий с применением нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, в частности, биологического топлива [3].

Биотопливо является продуктом переработки биомасс. Под «биомассой» понимаются «все виды веществ животного и растительного происхождения, продукты жизнедеятельности организмов и органические отходы, образующиеся в процессах производства, потребления продукции и на этапах технологического цикла отходов» [4].

Растительный слой Земли составляет более 1,8 трлн. тонн сухого вещества, что энергетически эквивалентно $3 \cdot 10^{16}$ МДж. Эта цифра примерно равна разведанным запасам энергии полезных ископаемых. 68 % биомассы суши составляют леса, травяные экосистемы - примерно 16 %, а возделываемые земли – 8 %. В целом на нашей планете посредством фотосинтеза производится 173 млрд.т сухого вещества в год, что повышает используемую в мире энергию более чем в 20 раз [5].

В своих трудах Клименко А.В. и Зорин В.М. уточняют, что «биомасса рассматривается в мире в качестве наиболее устойчивого возобновляемого источника энергии и сырья для химической промышленности. Во многих развивающихся странах биомасса относится к категории важнейших источников энергии. Использование 1404 биомассы в энергетических целях получает все большее развитие и в индустриальных странах. В странах Европейского союза около 3 % (65 млн тонн у. т.) всех энергетических потребностей покрывается за счет биомассы, в отдельных европейских странах этот показатель достигает 23 % (Финляндия), 18 % (Швеция) и 12 % (Австрия)» [6].

Различают биомассу первичную (животные, растения, микроорганизмы) и вторичную (отходы переработки первичной биомассы, продукты жизнедеятельности). Энергия биомассы используется методом непосредственного сжигания (отходов из разных продуктов сельскохозяйственной деятельности) либо путем глубокой переработки исходной биомассы, результатом которой является

получение более ценных сортов топлива, которое сжигается с высоким КПД при минимальном загрязнении окружающей среды [7].

Прямое сжигание биомасс в специальных установках является одним из способов их рационального использования. В настоящее время такой метод применяется в ряде развитых стран, таких как США, Финляндия, Швеция и в странах СНГ — в России, Республике Беларусь и др. Например, в США в середине девяностых годов прошлого века было введено в эксплуатацию 360 установок, работающих на биотопливе, что составило 1% установленных в стране мощностей. Аналогичные установки используют во многих регионах Российской Федерации, включая Белгородскую область [8].

Отходы сельского хозяйства и растительные отходы промышленности, такие как солома, подсолнечная лузга, опилки, одубина, по своему составу, теплотворной способности и по выходу летучих близки к древесине. Сравнительные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав и характеристики некоторых видов биомассы

Топливо	Состав органической массы				W _P , %	A _P , %	Q _{нр} , МДж/кг
	C _r , %	H _r , %	N _r + O _r , %	L _r , %			
Древесина	48...51	6,0...6,3	43...46	0,3...0,5	40...60	1,0...2,5	7,0...9,5
Солома	50,0	6,2	43,8	8,0	8...10	4,5	15,8
Лузга подсолнечная	51,5	5,9	42,6	8,0	7...15	2,6	16,9
Костра льняная	51,0	6,0	43,0	8,0	8,0	4,0	16,6
Опилки	51,0	6,1	42,9	8,5	35...50	1,3..1,5	8,0...11,3
Одубина	49,4	5,7	44,9	8,5	69,0	2,3	3,4

Эти виды биотоплив отличаются малой зольностью, постоянной и однородной крупностью частиц и относительно постоянной влажностью. Опилки и одубина обладают высокой влажностью, влажность остальных же топлив варьируется в пределах 7...15%.

Недостатками этих и схожих биотоплив являются малая теплотворность, легковесность, для некоторых – «парусность» обуглившихся частиц, из-за чего некоторая часть топлива улетает с дымовыми газами в трубу. Последнее свойство характерно для соломы и лузги. Кроме того, установки, работающие на соломе, лузге или льняной костре, необходимо дополнять механическими устройствами для непрерывной подачи топлива в топку.

Способ получения топлива путем переработки биомассы весьма перспективен и позволяет использовать бытовые и промышленные отходы, утилизация которых путем прямого сжигания ухудшает состояние окружающей среды. Переработка таких отходов в биологическое топливо дает хорошую возможность решить также и экологическую задачу.

Основными источниками биомассы, помимо упомянутых, служат отходы животноводства, сельского и лесного хозяйства и водоросли [7]. Метод включает в себя получение растительных углеводов (высокомолекулярные жирные кислоты, растительные масла), биотехнологическая конверсия биомассы в топливо (низкоатомные спирты, биогаз, жирные кислоты), получение биогаза из твердых бытовых отходов [8], изготовление пеллет, производство биогаза в биогазовых установках не только для получения электроэнергии, но и для газоснабжения производств и населенных пунктов [9].

В последние годы в Европе стало популярно биотопливо в виде пеллетов. Пеллеты представляют собой гранулы цилиндрической формы, спрессованные из мелкой стружки и опилок. Теплотворная способность одной тонны пеллет сравнима с теплотворностью тонны угля, 2 тонны гранул эквивалентны одной тонне нефти или кубическому метру газа, а сжигание их не оказывает такого негативного влияния на окружающую среду. Достоинством пеллет является также и то, что они не самовозгораются благодаря малому межпоровому пространству в их структуре [2].

В России запасы сырья для производства биотоплива огромны и составляют миллиарды кубических метров. Из-за низкого спроса внутри страны производство пеллет было ориентировано на экспорт в Западную Европу. Общий объем производства древесных гранул в России, по оценкам специалистов, составляет более 150 000 тонн в год. Однако в течение последних лет в России рост запросов на строительство предприятий по изготовлению пеллет увеличился, что указывает на формирование внутреннего рынка [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Разработка методики теплотехнических расчетов по приведённым характеристикам RDF-топлив // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 214-223.
2. Посашков М.В., Немченко В.И. Титов Г.И. Энергосбережение в системах теплоснабжения: учебное пособие. Самара: Самарский

государственный архитектурно–строительный университет, АБС АСВ, 2014. 192 с.

3. Трубаев П.А., Клепиков А.С., Веревкин О.В., Гришко Б.М., Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С. Мониторинг выхода биогаза с тела полигона ТКО // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 252-259.

4. Экологическая оценка возобновляемых источников энергии: учебное пособие для вузов / Г.В. Пачурин, Е.Н. Соснина, О.В. Маслеева, Е.В. Крюков: под общ. ред. Г.В. Пачурина. СПб.: Лань, 2021. 236 с.

5. Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях: учеб. пособие. М.: ИРЦ Газпром, 2007. 478 с.

6. Губарева В.В. Утилизация твердых бытовых отходов - одна из актуальных проблем современности // Научные технологии и инновации: эл. сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф, Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. № 8. С. 7-11.

7. Евстуничев М.А., Ильина Т.Н. Особенности сырьевой базы Белгородской области для производства биогаза // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 170-173.

8. Трубаев П.А. Оценка энергетического потенциала свалочного газа // Энергетические системы. 2021. № 1. С. 91-105.

9. Суслов Д.Ю. Применение биометана для газоснабжения населенных пунктов // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 385-389.

УДК 620.97

Драпак А.С., Ващенко Д.Д., Назаренко Р.С.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ КАК ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Без преувеличения можно сказать, что история развития общества – это история энергетики, причем первыми источниками для преобразовательной деятельности человека были именно возобновляемые источники энергии – мускульная сила животных, ветер, реки, приливы. Затем в ход пошли запасы ископаемого топлива и, в частности, ядерное горючее. Постоянно растущие потребности в энергии так или иначе удовлетворялись за счет вовлечения новых ресурсов, совершенствования технологии переработки топлива,

совершенствования потребления. И вот здесь, когда казалось, что перспективы ставшей традиционной энергетики на ископаемом топливе (именно оно в настоящее время является основным источником энергии) достаточно устойчивы, в нарастающем темпе стали появляться связанные с ней негативные эффекты: тепловое, химическое, радиоактивное загрязнение среды в сочетании с быстрым уменьшением легкодоступных запасов топлива, особенно нефти, газа, высококачественного угля. Правда, есть еще новое, во много раз более экономичные способы переработки урана, есть наконец, возможность создания термоядерных преобразователей, которые должны позволить решить проблему снабжения человечества энергией на тысячелетия, но это не снимет проблем теплового загрязнения, проблем хранения отходов, проблем возможных аварий энергетических гигантов [1].

Именно здесь диалектика жизни вновь повернула нас лицом к источникам возобновляемой энергии, природа которых определяется процессами на Солнце и в глубинах Земли, гравитационным воздействием Солнца, Земли, Луны. По оценкам специалистов оказалось, что только за счет извлечения доступной части энергии, постоянно возобновляющегося в Мировом океане путем образования градиентов температур и соленостей, волн, течений, приливов, можно получать примерно в 10 раз больше энергии, чем сейчас дают ежегодно "сжигаемые" 10 млрд. т условного топлива. А ведь есть еще собственно излучение Солнца, есть ветры, есть глубинное тепло Земли. Даже активные сторонники опережающего развития ядерной энергетики в своих прогнозах на конец XXI в. "отдают" возобновляемой энергии не менее 18% общего потребления, а это примерно столько сколько сейчас человечество получает за счет ископаемого топлива.

Возобновляемые источники энергии привлекают своей относительной экологической чистотой, принципиальной возможностью создать на планете общество, живущее в равновесии со средой, возможностью распределения преобразователей самого различного масштаба и назначения по всей планете. В перспективе это позволит даже управлять климатом, что немаловажно, если учесть энергозатраты, идущие на преодоление последствий стихийных бедствий, на отопление жилищ, на получение пищи. Но чтобы использование возобновляемой энергии вышло на требуемый уровень, необходимо совершить революцию в наших представлениях, о соответствующих источниках, создать в обществе предпосылки к широкому внедрению соответствующих устройств, подготовить специалистов, которые могли бы не только разрабатывать такие устройства, но и правильно эксплуатировать их [2].

О качестве источников энергии говорят часто, но, как правило, не поясняют, что же это такое. Под качеством источника энергии следует понимать долю энергии источника, которая может быть превращена в механическую работу. Например, электроэнергия обладает высоким качеством, так как с помощью электродвигателя более 95% ее можно превратить в механическую работу. Качество тепловой энергии, выдающейся при сжигании топлива из традиционных тепловых электростанций, довольно низкое. Потому что только около 30% теплотворной способности топлива превращается в конечном счете в механическую работу. По этому признаку возобновляемые источники энергии можно разделить на три группы [3].

1) Источники механической энергии, как, например, гидроветроисточники, волновые и приливные. В целом качество этих источников энергии высокое, и они обычно используются для производства электроэнергии. Качество ветровой энергии – обычно порядка 30%, гидроэнергии – 60%, волновой и приливной – 75%.

2) Тепловыми возобновляемыми источниками энергии являются, например, биотопливо и тепловая энергия солнца. Максимальная доля тепла источников, которая может быть превращена в механическую работу, определяется вторым законом термодинамики. На практике превратить в работу удается примерно половину тепла, допускаемого вторым законом. Для современных паровых турбин эта величина (качество тепловой энергии) не превышает 35%.

3) Источники энергии на основе фотонных процессов, к которым относятся источники, используемые фотосинтез и фотоэлектрические явления. Например, с помощью фотоэлектрических преобразователей солнечное излучение определенной частоты можно с высокой эффективностью преобразовать в механическую работу. Добиться высокой эффективности преобразования энергии во всем спектре солнечного излучения очень, трудно на практике КПД фотопреобразователей, равный 15%, считается хорошим [4].

Возобновляемые и истощаемые источники энергии очень сильно различаются по характерной для них начальной плотности потоков энергии. Для возобновляемых источников энергии эта величина – порядка 1 кВт/м^2 (например, плотность потока энергии солнечного излучения, ветра при скорости около 10 м/с), для невозобновляемых источников она на несколько порядков выше. Например, тепловая нагрузка в трубах паровых котлов – порядка 100 кВт/м^2 , а в теплообменниках ядерных реакторов – несколько мегаватт на 1 м^2 . Потребители энергии, за редким исключением, как, например, цеха

рафинирования металла, используют у себя гораздо меньше плотности потоков энергии.

Из-за большого различия плотностей потоков энергии в энергоустановках на невозобновляемых и возобновляемых источниках первые эффективны при большой единичной мощности установки, но при этом распределения энергии среди потребителей требует больших затрат, вторые же эффективнее при небольшой единичной мощности, но большие затраты требуются уже для повышения мощности за счет объединения таких установок в единую энергосистему.

Использование возобновляемых энергоресурсов, как показывает практика, ускоряет экономическое развитие сельских районов, и, вообще, эта энергетика в силу своей спецификации соответствует сельскому укладу жизни, а не городскому [5].

Возобновляемые источники энергии являются неотъемлемой частью окружающей нас среды, и их изучение не может ограничиваться рамками какой-то одной научной дисциплины, скажем, физики или электротехники. Часто рамки исследований охватывают область от промышленной биотехнологии до электроники и процессов управления. Прекрасным примером комплексного планирования являются некоторые агропромышленные предприятия на Филиппинах. Отходы животноводства и растениеводства могут служить сырьем для производства метана, а также жидкого и твердого топлива, а все в целом – для производства удобрений высокоэффективного ведения сельского хозяйства [6].

Ни один источник возобновляемой энергии не является универсальным, подходящим для использования в любой ситуации. Это всегда определяется конкретными природными условиями потребностями общества, т. е. конкретной ситуацией. Поэтому для эффективного планирования энергетике на возобновляемых ресурсах необходимы, во-первых, систематические исследования окружающей среды, аналогичные геологическим исследованиям при поиске нефти, во-вторых, изучение потребностей конкретного региона в энергии для промышленного, сельскохозяйственного производства и для бытовых нужд. В частности, необходимо знать структуру потребителей энергии, чтобы выбирать наиболее экономичный источник энергии [7]. В этом отношении энергетика на возобновляемых ресурсах подобна сельскохозяйственному производству, в котором рентабельность возделывания той или иной культуры зависит от качества почвы, природных условий и рыночного спроса на нее. Отсюда вытекает такой вывод: невозможно предложить простой и универсальный метода планирования энергетике на возобновляемых источниках энергии не в

международном масштабе, ни в рамках одной страны. Например, солнечные энергетические установки на юге Италии должны быть совсем не такими, как в Бельгии и даже на севере Италии. Использовать в качестве топлива спирт, получаемый из зерна, приемлемо в штате Миссури, но не в Новой Англии, и т.д. Характерный размер района, в рамках которого разумно планировать энергетику на возобновляемых источниках, порядка 250 км, но, конечно, не 2500 км. К сожалению, современное урбанизированное и индустриальное общество плохо приспособлено к такому многовариантному использованию возобновляемой энергии.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для создания и поддержания экологической чистоты, с принципиальной возможностью последующего создания на планете общества, живущего в равновесии со средой, необходимо постепенно замещать использование ископаемых запасов, более уместными возобновляемыми источниками энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарев В.В., Струздин Н.С., Гончаренко П.С., Бруев С.В. Использование возобновляемых источников энергии // Сб. докл. IX Межд. Научно-практ. кофн. студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс». Старый Оскол, 2016. С. 73-75.

2. Тихомирова Т. И., Разумова Ю. К. Роль возобновляемых источников энергии в системах энергоснабжения // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 54-57.

3. Безруких П.П. Справочник ресурсов возобновляемых источников энергии России и местных видов топлива. Показатели по территориям. М.: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2007. 272 с.

4. Экологическая оценка возобновляемых источников энергии: учебное пособие для вузов / Г.В. Пачурин, Е.Н. Соснина, О.В. Маслеева, Е.В. Крюков: под общ. ред. Г.В. Пачурина. СПб.: Лань, 2021. 236 с.

5. Соснина Е.Н., Филатов Д.А. Выбор энергоустановок на ВИЭ для электроснабжения сельскохозяйственных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 156-159.

6. Посашков М.В., Немченко В.И. Титов Г.И. Энергосбережение в системах теплоснабжения: учебное пособие. Самара: Самарский

государственный архитектурно–строительный университет, АБС АСВ, 2014. 192 с.

7. Гашо Е.Г., Кондрахов В.А. Повышение эффективности и безопасности энергосистемы Калининградской области за счёт возобновляемых источников энергии // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 224-230.

УДК 621.482

*Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д.
Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

В настоящее время считается, что будущие за альтернативными источниками энергии, такими как геотермальная энергия.

Под геотермальной энергией понимают физическое тепло глубинных слоев земли, имеющих температуру, превышающую температуру воздуха на поверхности. Земная кора получает тепло в результате естественного охлаждения и трения ядра, химических реакций, радиоактивного распада элементов, подобных торию и урану, тектонических сдвигов и наличие магматических включений в земной коре [1]. Источники геотермальной энергии по классификации Международного энергетического агентства делится на 5 типов:

1) Месторождение геотермального сухого пара. Они расположены тектонической зоне вблизи границ континентальных плит. Эти места довольно–таки легко поддаются разработке, но, к сожалению, они редко встречаются природе.

2) Источники влажного пара (смеси горячей воды и пара). Они встречаются чаще и также имеют месторасположение в тектонической зоне. При их разработке следует принимать во внимание возможную коррозию оборудования ГеотЭС и загрязнения окружающей среды.

3) Месторождение геотермальной воды (содержат в себе горячую воду). Они встречаются в районах, связанных главным образом с аномалиями, лежащими в стороне от границ платформ, и представляют собой геотермальные резервуары, которые образуются наполнения подземных полостей водой атмосферных осадков, нагреваемой ближайшей магмой.

4) Сухие горячие скальные породы, разогретые магмой расположенные на глубине 2 км и более. Их запасы энергии наиболее велики.

5) Магма, представляет собой нагретые до 1300°C расплавленные горные породы.

Главным достоинством геотермальной энергии является ее практическая неиссякаемость и полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года.

Существуют следующие принципиальные возможности использования тепла земных глубин. Воду или смесь воды и пара в зависимости от их температуры можно направлять для горячего водоснабжения и теплоснабжения, для выработки электроэнергии либо одновременно для всех этих целей. Высокотемпературное тепло около вулканического района и сухих горных пород предпочтительно использовать для выработки электроэнергии и теплоснабжения. От того, какой источник геотермальной энергии используется, зависит устройство станции [2].

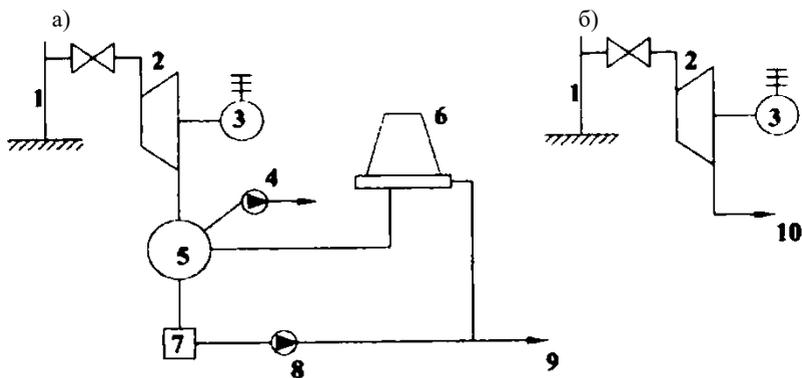


Рис. 1 Схема ГеотЭС, работающего на водном паре, непосредственно выходящим из подземных источников: а – конденсационный, б – с противодавлением. 1 – пар из скважины; 2 – турбина; 3 – электрический генератор; 4 – эжектор для отсоса газов; 5 – смешивающий конденсатор; 6 – градирня; 7 – подземный бак; 8 – циркуляционный насос; 9 – сброс излишней воды в дренаж; 10 – пар из турбины.

Геотермальные электростанции можно разделить на 3 типа:

- 1) Станции, работающие на месторождениях сухого пара.
- 2) Станции с испарителем, работающие на месторождениях с горячей водой под давлением.

3) Станции с бинарным циклом, в которых геотермальная теплота передается вторичной жидкости, и осуществляют классический цикл Ренкина.

Рассмотрим простейшее устройство ГеоТЭС на примере, когда скважина выдает перегретый пар. Такие источники используют только в пяти странах. В этом случае пар направляется прямо в турбину.

Схема ГеоТЭС предельно проста, если на ней установлена турбина с противодавлением, а отработавший пар используется для нужд отопления или горячего водоснабжения. В местах, где нет соответствующего теплового потребителя, для повышения КПД цикла за турбиной устанавливают конденсатор, обеспечивающий расширение пара в ней до более низкого давления. Получается схема обычной конденсационной электростанции (КЭС).

Но, в отличие от КЭС на органическом топливе, здесь нет необходимости дорожить конденсатом, т. к. он все равно выводится из цикла. Поэтому можно использовать смешивающий конденсатор – более компактный и дешевый, чем рекуперативный. Значительная часть конденсата испаряется в градирне, излишки сбрасываются в канализацию [3].

С геотермальными источниками всегда связывают попытки выработки электроэнергии как наиболее ценного продукта. В то время как наилучший способ утилизации тепловой энергии – использование комбинированного режима (выработка электроэнергии и обогрев). Потребность в тепле для отопления, горячего водоснабжения теплотехнологий при температуре до 100 °С примерно в два раза выше, чем в электроэнергии. Таким образом использование геотермальной энергии в виде тепла не менее важно чем использование в виде электроэнергии [4]. Для повышения температурного потенциала геотермальной энергии используют тепловые насосы [5].

Несмотря на все положительные стороны, геотермальная энергетика сталкивается с рядом следующих проблем.

Первая проблема – это разведка источников и бурении скважин. Не стоит думать, что на ГеоТЭС используется пар, выходящий на поверхность из трещин. Для стабильного обеспечения электростанции теплоносителем высоких параметров бурят скважины диаметром чаще всего 146 мм, до глубины залегания горячей воды и пара – иногда до 2.5 км. Есть источники, которые залегают глубже (до 10 км), но бурить до них скважины экономически не целесообразно.

Второй проблемой является экология. В первых ГеоТЭС сливали воду в реку или озеро что являет собой ущерб для окружающей среды. В разных пластах вода содержит различные соли и растворенные газы

и может быть от ультрапресной (минерализация менее 0.1 мг/л) до сверхкрепкой (общая минерализация более 600 г/л). Состав выходящего с водой газа также различен. Самым опасным компонентом является сернистый газ H₂S, кроме него могут быть аммиак, углекислый газ и другие.

Третья проблема – коррозия оборудования и солеотложение. Термальные воды содержат растворенные агрессивные газы, что требует соответствующих материалов для труб и оборудования. Иногда приходится бороться с солеотложением. В этих вопросах каждое месторождение имеет свою специфику, но в целом это удорожает получаемую энергию и создает трудности при эксплуатации [6].

На этом примере мы можем наблюдать, что ГеоТЭС имеет значительный ряд преимуществ по сравнению с ТЭС на органическом топливе. Во-первых это простота технологических схем электростанций, во-вторых уже имеющийся нагретый до рабочей температуры теплоноситель, вследствие этого отсутствие затрат на топливо, что делает ГеоТЭС экономически выгодными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Посашков М.В., Немченко В.И. Титов Г.И. Энергосбережение в системах теплоснабжения: учебное пособие. Самара: Самарский государственный архитектурно–строительный университет, АБС АСВ, 2014. 192 с.

2. Безруких П.П. Справочник ресурсов возобновляемых источников энергии России и местных видов топлива. Показатели по территориям. М.: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2007. 272 с.

3. Экологическая оценка возобновляемых источников энергии: учебное пособие для вузов / Г.В. Пачурин, Е.Н. Соснина, О.В. Маслеева, Е.В. Крюков: под общ. ред. Г.В. Пачурина. СПб.: Лань, 2021. 236 с.

4. Бруев С.В., Гончаренко П.С., Струздин Н.С., Губарева В.В. Использование возобновляемых источников энергии. Сб. докл. IX Межд. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. Старый Оскол, 2016. С. 73-75.

5. Гошовский С.В., Зурьян А.В. Снижение техногенной нагрузки при использовании теплонасосных систем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 8. С. 102-107.

6. Щетинина И.А., Тихомирова Т.И., Щетинин Н.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб пособие. Белгород, 2014. С. 32–39.

УДК 620.97

*Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С.
Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВОДОРОД КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Водороду в последнее время уделяется большое внимание в рамках комплекса решений различных энергетических и экологических проблем (рис. 1), и, исходя из этого потенциала, нынешний высокий уровень интереса вполне объясним. Однако, полная реализация преимуществ, которые может предложить водород, будет невозможна без четкой стратегии производства водорода из чистых и устойчивых источников и экономически эффективным образом [1].

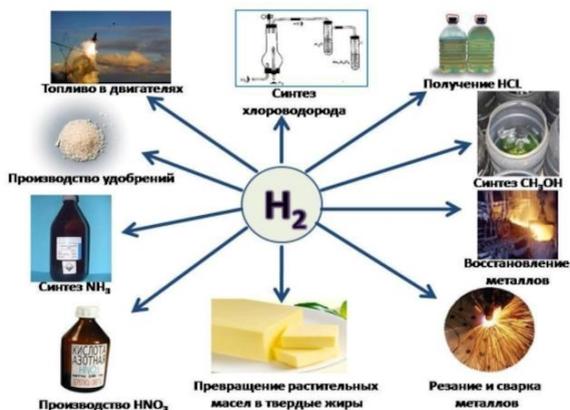


Рис. 1 Направления применения водорода

Одно из самых больших преимуществ водорода - наличие широкого спектра потенциального сырья для его производства, что также усложняет вопрос о том, как можно расширить использование водорода и требует тщательной проработки по мере развития ключевых технологических путей. Дополнительные затраты и сложность строительства водородной инфраструктуры оправданы только в том

случае, если общество действительно может получить значительные выгоды.

Настало время для расширения научно - технической инициативы по развитию чистой энергетики и повышению энергоэффективности конечного использования [2]. Эта инициатива должна охватывать транспортные системы, производство электроэнергии, использование природного газа и других видов топлива, а также должна учитывать потенциал расширения использования водорода в этом более широком контексте. Продолжаются исследования по использованию водорода в транспортных и стационарных условиях [3].

С точки зрения потенциала сокращения выбросов парниковых газов водород превосходит коммерческое биотопливо и ископаемое топливо, поскольку он обладает высокой плотностью энергии и генерирует только воду в качестве основного источника выбросов [4, 5]. Производство биогидрогена имеет дополнительную экологическую выгоду, поскольку различные органические отходы могут быть валоризированы в ходе процесса. Однако из-за высокой стоимости процесса его коммерческое производство еще не существует.

Во время ферментации, в дополнение к водороду, около 60% исходного сырья может превращаться в различные промышленные химикаты, включая этанол, пропандиол и масляную кислоту. Если эти продукты не извлекаются, то жидкие отходы, образующиеся в ходе процесса, могут быть использованы в качестве исходного сырья для производства липидов, метана, водорода и электроэнергии. Жидкие отходы также являются потенциальной заменой биоудобрений [1]. Эта стратегия может быть полезна для снижения общей стоимости процесса за счет получения дохода из нескольких источников.

Замена кокса, используемого в доменных печах в качестве восстановителя, водородом, получаемым при электролизе воды, потенциально может существенно снизить выбросы от производства чугуна и стали [2].

Изменение климата и истощение запасов ископаемого топлива являются основными причинами, ведущими к водородной технологии. Существует множество способов получения водорода как из традиционных, так и из альтернативных источников энергии, таких как природный газ, уголь, ядерная энергия, биомасса, солнечная энергия и ветер [5].

Термохимический пиролиз и газификация являются экономически жизнеспособными подходами, обеспечивающими наибольший потенциал для того, чтобы стать конкурентоспособными в крупном масштабе в ближайшем будущем, в то время как традиционные методы

сохраняют свою доминирующую роль в производстве водорода с большими затратами. Биологические методы представляются перспективным путем, но необходимы дальнейшие исследования для повышения их производительности, в то время как низкая эффективность конверсии в сочетании с высокими инвестиционными затратами являются ключевыми ограничениями для технологий расщепления воды, конкурирующих с традиционными методами [2-4].

Не стоит забывать, что в условиях все более широкого использования возобновляемых источников энергии меняются и системы энергоснабжения жилых домов. Предполагается высокая степень проникновения электромобилей на топливных элементах, и водород также должен обеспечиваться системой энергоснабжения [5]. Отдельные компоненты энергетической системы имеют оптимальный размер по отношению к общей стоимости владения системой, в то время как стратегия функционирования систем определяется фиксированным рейтинговым списком. Эталонный случай определяется фактическими или ближайшими будущими технико-экономическими допущениями компонентов. Полученный водород используется исключительно для заправки электромобилей на топливных элементах. На этой основе 2267 исследуется влияние инвестиционных затрат компонентов и затрат на приобретение энергии на конфигурацию системы.

В целом обеспечение надежной, экологически чистой и доступной энергии является одной из целей многих стран мира. В последние годы водород представлен как новый источник энергии, который может быть использован вместо ископаемого топлива [4]. Одним из наиболее перспективных чистых методов получения водорода является использование возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра и солнца, путем электролиза. Чтобы сэкономить дополнительную энергию ветряной турбины, электролиз используется для преобразования этой энергии в химическую энергию водорода. Полученный водород хранится в резервуаре для хранения водорода.

Передовые мировые державы постепенно переводят на водород крупные предприятия, объекты промышленности, транспортные средства. Это страны Евросоюза, США, Япония, которые еще более 30 лет назад осознали перспективность применения водорода как источника энергии. Огромнейшим интересом водород пользуется в компаниях по производству автомобилей, которые на ежегодных выставках все чаще и чаще демонстрируют свои автомобили, работающие на водородном топливе. Конечно, широкое внедрение водорода еще не близко, но ввиду бурного роста активности вокруг него, и развития технологий, водородная революция не за горами [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Посашков М.В., Немченко В.И. Титов Г.И. Энергосбережение в системах теплоснабжения: учебное пособие. Самара: Самарский государственный архитектурно–строительный университет, АБС АСВ, 2014. 192 с.

2. Безруких П.П. Справочник ресурсов возобновляемых источников энергии России и местных видов топлива. Показатели по территориям. М.: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2007. 272 с.

3. Экологическая оценка возобновляемых источников энергии: учебное пособие для вузов / Г.В. Пачурин, Е.Н. Соснина, О.В. Маслеева, Е.В. Крюков: под общ. ред. Г.В. Пачурина. СПб.: Лань, 2021. 236 с.

4. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Модель распределения изменяющихся климатических параметров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.

5. Кулешов М.И., Губарев А.В. Модернизация конструкции высокотемпературной части конденсационного водогрейного котла, направленная на повышение его ремонтпригодности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 196-199.

6. Губарев А.В., Головков М.А., Дьячук Д.С., Бычихин С.А. Способы и аппараты утилизации теплоты отработавших газов стационарных двигателей внутреннего сгорания // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 322-326.

УДК 620.9

Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В современном мире необходимым условием сохранения жизни и развития цивилизации является обеспечение человечества достаточным количеством энергии и топлива.

Электроэнергия считается одним из основных видов энергии. При производстве электроэнергии сжигается более 60% топлива (нефть, газ,

уголь), добываемого в странах СНГ [1]. Сбои энергосистемы часто приводят к значительному ущербу предприятий. Поэтому крайне важно совершенствовать оборудование для передачи, распределения и преобразования электроэнергии в другие виды энергии с учетом современных достижений науки и техники.

Что касается теплоэнергетики, то топливно-энергетический комплекс нашей страны в настоящее время находится в сложной ситуации, вызванной, в первую очередь, старением теплоэнергетического оборудования и низкими инвестициями в сектор теплоснабжения.

Электроэнергетическая отрасль Российской Федерации

Электроэнергетика Российской Федерации представляет собой высокоавтоматизированный комплекс развития электростанций, электрических сетей и объектов такого типа на всей территории России [1].

В начале 2007 года установленная мощность электростанций в России составляла приблизительно 210,8 ГВт, в том числе 142,4 ГВт для тепловых электростанций, 44,9 ГВт для гидроэлектростанций и 23,5 ГВт для атомных электростанций [2].

Вся информация о среднегодовом росте потребления энергии в нашей стране представлена ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Среднегодовой прирост потребления энергии

Среднегодовой прирост, %	Год
1,7	2000...2005
4,2	2006...2017
1,4	2018

К основным проблемам современной электроэнергетике в Российской Федерации относятся:

- 1) наименьшая надёжность схем наружного энергоснабжения в больших городках и конечных потребителей;
- 2) растущий недостаток электронной мощности;
- 3) растущий материальный износ деятельного оборудования;
- 4) недостающая развитость электросетей;
- 5) высокие издержки в электросетях;
- 6) дефицит технических специалистов и эффективных менеджеров.

Для решения этих проблем необходимо разработать электрооборудование для энергетических систем с первоклассными техническими характеристиками и в достаточных количествах для их реализации, а также разработать экспертные знания, отражающие

желаемый уровень профессионализма работника и повышающие его эффективность. Одним из решений для дальнейшего развития электротехнической промышленности является направление совершенствования электростанций, таких как тепловые электростанции, атомные электростанции, гидроэлектростанции и т. д. [2-3].

Также для развития производства электроэнергии предусматривается создание ТЭС с высоким КПД, где будет использоваться парогазовой цикл, завершение начатого строительства и восстановление развитого потенциала атомных электростанций и гидроэлектростанций. Для обеспечения высокой надежности в электроэнергетике необходимо создавать высокоэффективные системы защиты и автоматизации, разрабатывать технические средства автоматизации распределения и технологического контроля, а также передавать технологическая информация в энергосистемах [3].

Теплоэнергетическая отрасль Российской Федерации

Согласно отчету о состоянии тепловой энергетики и теплоснабжения в Российской Федерации на 2020...2021 годы, около 21 000 компаний работают в сфере теплоснабжения, из них 67% являются государственными и муниципальными. Более 90% мощностей действующих электростанций, 70% котельных, 70% технологического оборудования электрических сетей и 66% тепловых сетей было построено еще до 1990 года [4].

Системы центрального отопления городов и поселков построены на водогрейных котлах, общее количество отопительных котлов составляет около 73,8 тыс. Общая протяженность тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения вдоль трассы составляет около 172 тысяч километров [5].

Эксперты отмечают, что оборудование в теплоэнергетической сфере устарело примерно на 60%. Такая степень износа присутствует и в большой энергетике, и в сфере жилищно-коммунального хозяйства. В связи с тем, что оборудование, которое долгое время ждет заслуженного отдыха, все еще работает, часто происходят аварии и утечки, в результате которых потери тепла неизбежны [6].

Нужно помнить, что в России существует огромный избыток тепловой энергии. По данным Министерства энергетики, сегодня многие ТЭС загружены не более чем на 30% установленной мощности, а котлы - в среднем на 15% [5, 7].

Поэтому они не могут конкурировать на рынке и получать субсидии от государства в соответствии с обязательствами. Невозможно закрыть эти ТЭС; они часто служат единственным

источником тепла в регионе. По оценкам Министерства энергетики, содержание этих ТЭЦ обходится энергетическому рынку более 9 миллиардов рублей в год [6].

Существуют большие различия между промышленными секторами в конечных применениях энергии, особенно с точки зрения производимых продуктов, осуществляемых процессов и используемых технологий, где конечный спрос на энергию широкими промышленными секторами показан по отношению к различным категориям энергопотребления). Очевидно, что химический сектор, приводит к самому высокому потреблению промышленной энергии; в основном из-за низкотемпературных тепловых процессов (30%), электродвигателей (19%), процессов сушки разделения (16%) и высокотемпературных тепловых процессов (11%).

Сегодня теплоэнергетика находится в сложном положении. Во-первых, крайне медленное восстановление фондов приводит к большим потерям и низкому уровню безопасности, что усложняет процесс перевода сектора на новый уровень [8]. Во-вторых, законодательное регулирование отстает от насущных проблем, диктуемых рыночными преобразованиями в энергетике в целом, что затрудняет приход инвестиций в отрасль [9]. В-третьих, методологические и технологические механизмы планирования развития сферы теплоснабжения определены не полностью.

Энергетическая проблема – одна из самых важных проблем, с которыми человек сталкивается в современном мире. Есть много проблем с поставками тепла и электричества, и чаще всего эти проблемы возникают из-за недостатка финансирования. Так же имеются большое количество экологических проблем, связанных с энергетикой [10]. Заинтересованность государственных органов в решении этих проблем, выраженная в проведении различных реформ, позволяет надеяться, что в ближайшее время трудности с привлечением средств на тепло- и электроэнергию будут решены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарева В.В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 486-489.
2. Трубаев П.А., Губарев А.В., Гришко Б.М. Системы энергоснабжения промышленных предприятий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 199 с.

3. Посашков М.В., Немченко В.И. Титов Г.И. Энергосбережение в системах теплоснабжения: учебное пособие. Самара: Самарский государственный архитектурно–строительный университет, АБС АСВ, 2014. 192 с.

5. Пятибратов Г.Я. История развития и современные проблемы электроэнергетики и электротехники: учебное пособие. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2013. 122 с.

6. Чуйкина А.А., Лобода А.В., Сотникова О.А. Проектирование оптимальной трубопроводной трассы тепловой сети // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 2. С. 28-37.

7. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России // Образование, наука, производство. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 1225-1231.

8. Гошко М.Ю. Анализ энергоэффективных мероприятий методом жизненного цикла // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 357-364.

9. Буланин В.А. Алгоритм анализа энергоэффективности источника теплоснабжения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 9. С. 54-62.

10. Чехранова О.А. Улучшение экологической ситуации и безопасности мегаполиса путем модернизации энергопромышленного комплекса // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 283-289.

УДК 620.92

Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Независимо от того, действительно ли проблема глобального потепления является проблемой, которая существует, угроза последствий бездействия запустила процесс перехода от электростанций, работающих на традиционном ископаемом топливе, к системам производства возобновляемой энергии. В наши дни во всем мире мы наблюдаем огромный рост производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии. Более того, технология развивается с каждым годом, и производство возобновляемых источников энергии становится все более рентабельным.

Возобновляемые источники энергии предлагают большое количество преимуществ, таких как появление новых рабочих мест, сокращение потребности в импорте ископаемого топлива и, что наиболее очевидно, сокращение выбросов CO₂. Однако многие из возобновляемых источников энергии являются переменными возобновляемыми источниками энергии, условия эксплуатации которых неразрывно связаны с погодными условиями в конкретный период. Такие источники, как ветряные электростанции или солнечные батареи, к сожалению, создают определенные проблемы как технического, так и экономического характера. Эти проблемы необходимо решать должным образом и требовать как краткосрочных, так и долгосрочных решений [1].

Это было более двух десятилетий назад, когда сектор производства электроэнергии начал трансформацию от исключительно централизованной и отраслевой интегрированной модели, которая в основном контролировалась государством, к гораздо более эффективной бизнес-модели, которая также включала частную собственность. Учитывая трансформацию различных регионов мира, сопровождаемую разными факторами. Наиболее повлиявшие на преобразования включают:

1) уже установленные и продолжающиеся процессы реструктуризации энергетического рынка (включая развивающееся регулирование);

2) революция сланцевого газа в США (которая значительно снизила спрос на уголь для производства электроэнергии и одновременно увеличила использование природного газа), которая увеличила экспорт дешевого угля;

3) ядерная авария на Фукусиме, произошедшая в Японии, которая привела к резкому скачку развития систем ядерной энергетики в большинстве стран;

4) рост колебаний цен на нефть – после длительного периода высоких цен на нефть в 2014 году произошло значительное снижение, которое повлияло на все цены на ископаемое топливо;

5) рост напряженности между крупными экспортёрами нефти и газа;

6) растущие опасения по поводу проблемы глобального потепления.

Сочетание этих факторов вместе с повышением экологической осведомленности о вредном воздействии производства электроэнергии на основе ископаемого топлива привело к тому, что многие страны разработали более экологически безопасные системы производства

электроэнергии. Разработано законодательство, поддерживающее возобновляемые источники энергии [2].

За последнее десятилетие возобновляемые источники энергии достигли высоких темпов роста. Необходимо указать некоторые неопровержимые факты о возобновляемых источниках энергии (рисунок 1): – 164 из всех стран мира установили цели в отношении производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии и 134 внедрила политику в области возобновляемых источников энергии (включая блоки, введенные в эксплуатацию к концу 2015 года).

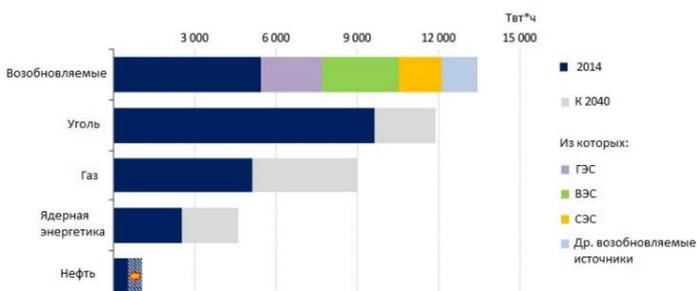


Рис. 1 Производство электроэнергии в мире по источникам

С 2004 по 2014 год глобальная установленная мощность возобновляемых источников энергии увеличилась с 814 ГВт до 1712 ГВт соответственно. Основной вклад в увеличение роста использования возобновляемых источников энергии вносят ветряные и солнечные электростанции. Изменение установленной солнечной мощности составляет с 3 ГВт до 181 ГВт, а в случае ветряных электростанций – с 48 до 370 ГВт (годовые темпы роста – 23% и 51% соответственно).

Только в 2015 году в мире было добавлено 150 ГВт новых возобновляемых источников энергии – это больше, чем для всех других источников вместе взятых (угольные, атомные, газовые и гидроэнергетические проекты). Это составляет около 60% новой энергии, установленной в 2015 году. В большинстве установленных энергоблоков преобладали солнечная и ветровая энергия – 103 ГВт, где доли этих источников составляли 41 ГВт и 62 ГВт соответственно [3].

Электроэнергия, произведенная из возобновляемых источников энергии, достигла более 22% мирового годового производства в 2014 году. Большая часть электроэнергии (73%) приходится на долю гидроэлектростанций. Рост переменных возобновляемых источников энергии наиболее значителен, однако следует помнить, с какого контрольного уровня он начался.

Без учета гидроэлектростанций, глобальное снабжение электроэнергией за счет возобновляемых источников энергии составляет примерно 6,2%, из которых на переменные возобновляемые источники энергии приходится 4% (в 2014 г.).

Достаточно низкая доля переменного вклада возобновляемых источников энергии в производство электроэнергии может быть объяснена не только меньшей установленной мощностью, чем у гидроэлектростанций, но и наличием часов работы в год. У нас есть 3700 часов для гидроэнергетики, 2000 часов для ветра и 1200 часов для солнечных источников энергии.

Следует подчеркнуть две основные вещи [4]:

1) прогнозируется, что к 2040 году основным источником мировой электроэнергии будут возобновляемые источники энергии;

2) переменные возобновляемые источники энергии значительно увеличат свою долю в мировом производстве электроэнергии;

Причины изменения энергетических рынков уже заявлены. Однако необходимо решать не только причины, но и конкретные цели. Вклад возобновляемых источников в производство энергии значительно увеличивается, и основные краткосрочные и долгосрочные цели, которые необходимо достичь, заключаются в следующем:

1) стабилизация воздействия производства электроэнергии на климат в основном за счет декарбонизации энергосистемы. Не ведется учет экологического вреда, принесенного использованием традиционного (не возобновляемого) топлива;

2) обеспечение долгосрочной энергетической безопасности для всех вовлеченных потребителей. отсутствие поддержки государством в виде беспроцентных кредитов и дотаций;

3) обеспечение альтернативного ответа для дальнейшего роста спроса на энергию постоянно увеличивающегося населения мира;

4) подача электроэнергии в районы отсутствия электричества;

5) улучшение транспортировки электроэнергии на большие расстояния от мест, где вырабатывается энергия, до конечных потребителей (что критически важно с точки зрения переменных возобновляемых источников энергии, которые очень часто расположены на больших расстояниях от городов);

6) внедрение энергоблоков в местах с отсутствием надлежащих систем электроснабжения.

Развитие возобновляемых источников энергии – это факт, однако те из возобновляемых источников, которые определены как переменные возобновляемые источники энергии (ПВИЭ), создают

определенные проблемы, которые необходимо решить для достижения всех ранее упомянутых целей [5].

Переменные возобновляемые источники энергии, из-за своей зависимости от местных погодных условий, оказывают значительное влияние на уже существующие энергосистемы. Эти воздействия охватывают разные области интересов и приводят к различным проблемам:

1) воздействие на традиционные автопарки – из-за увеличения количества систем ПВИЭ были затронуты условия эксплуатации традиционных энергоблоков, и поэтому многие из них могут эксплуатироваться прямо сейчас неэффективно. Как ветровая, так и солнечная радиация зависят от погодных условий в определенное время и в определенном месте, и поэтому традиционные блоки производства электроэнергии должны быть готовы к корректировке своего спроса на производство электроэнергии – иногда он может превышать их пределы гибкости;

2) воздействие на распределительные и передающие сети – увеличение количества ПВИЭ вызывает проблемы в распределении электроэнергии. Большинство проведенных тематических исследований показывают, что наряду с расширением ПВИЭ должны быть внедрены новые системы передачи и распределения, чтобы гарантировать отсутствие узких мест. Эффект обычно усиливается за счет расположения блоков питания ПВИЭ, которые в большинстве случаев расположены на значительном удалении от конечных пользователей. Переменные возобновляемые источники энергии, также могут вызывать обратные перетоки энергии. Следовательно, необходимы энергосистемы, способные противостоять таким типам незапланированных событий;

3) воздействие на потребителей – даже несмотря на то, что развитие ПВИЭ вызывает падение оптовых цен на электроэнергию, оно также приводит к дополнительным расходам для энергосистем. К сожалению, эти расходы обычно перекладываются непосредственно на конечных пользователей, что приводит к увеличению счетов за энергию [6].

Согласно различным источникам, развитие возобновляемых источников энергии и особенно переменных возобновляемых источников энергии, особенно с учетом озабоченностей, связанных с экологическими проблемами, неизбежно. Отрасли возобновляемых источников энергии, которые будут достигать наибольшего роста в будущем, – это, скорее всего, ветровые электростанции и солнечные фотоэлектрические источники. К сожалению, их сильная зависимость

от погодных условий, особенно когда они достигают определенной генерирующей мощности, может создать ряд проблем. Обычные электростанции, с учетом наличия таких возобновляемых источников энергии в передающих и субпередающих сетях, больше не будут частью поставщиков базовой нагрузки, и поэтому их гибкость должна быть улучшена. Кроме того, неоптимальная работа агрегата может привести к снижению общего годового КПД и увеличению износа устройств. Несмотря на опасения по поводу роста ПВИЭ, все же есть некоторые очевидные преимущества. Из-за характера таких источников они обеспечивают более легкую возможность доставки электричества в определенных регионах, которые расположены очень далеко от конвекционных блоков генерации энергии. Более того, возобновляемые источники энергии могут уменьшить количество людей, страдающих от отсутствия электричества. Наконец, в отношении технологий ПВИЭ (таких как технологии хранения энергии) также можно наблюдать общее развитие. Эти технологии могут не только помочь решить проблемы, связанные с непредсказуемым поведением ПВИЭ, но также обеспечить лучшую эластичность обычных генерирующих установок [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Посашков М.В., Немченко В.И. Титов Г.И. Энергосбережение в системах теплоснабжения: учебное пособие. Самара: Самарский государственный архитектурно–строительный университет, АБС АСВ, 2014. 192 с.
2. Безруких П.П. Справочник ресурсов возобновляемых источников энергии России и местных видов топлива. Показатели по территориям. М.: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2007. 272 с.
3. Пачурин Г.В., Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Крюков Е.В. Экологическая оценка возобновляемых источников энергии: учебное пособие для вузов. СПб.: Лань, 2021. 236 с.
4. Гашо Е.Г., Разоренов Р.Н. Возобновляемая энергетика: отечественные реализованные проекты // СОК. 2019. № 4. С. 60-73.
5. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Модель распределения изменяющихся климатических параметров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.
6. Тихомирова Т.И., Кретова М.А. Теплоэнергетика и окружающая среда // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые

химикотехнологические процессы защиты окружающей среды: Межд. науч.-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 256-260

7. Тарасенко В.Н., Денисова Ю.В. Проблема энергосбережения в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 63-68.

УДК 539.17

Дьякова А.К.

*Научный руководитель: Беловодский Е.А., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕРМОЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР (СИНТЕЗ)

Когда атомы водорода сливаются, ядра должны собираться вместе. Однако протоны в каждом ядре будут стремиться отталкиваться друг от друга, потому что они имеют одинаковый заряд (положительный). Если вы когда-либо пытались соединить два магнита вместе, вы могли бы почувствовать, что они отталкиваются друг от друга.

Чтобы достичь термоядерного синтеза, необходимо создать особые условия. Вот некоторые условия, которые делают термоядерный синтез возможным:

Высокая температура дает атомам водорода достаточно энергии, чтобы преодолеть электрическое отталкивание между протонами.

Термоядерный синтез требует температуры около 100 миллионов Кельвинов (примерно в шесть раз выше, чем ядро Солнца).

При этих температурах водород находится в состоянии плазмы, а не газа. Плазма — это высокоэнергетическое состояние материи, в котором все электроны отделены от атомов и свободно перемещаются вокруг.

Например, солнце достигает таких температур благодаря своей большой массе и силе тяжести, сжимающей эту массу в ядре. Мы можем использовать энергию микроволн, лазеров и ионных частиц для достижения этих температур. Высокое давление сжимает атомы водорода вместе. Для плавления они должны находиться в пределах 1×10^{15} метров друг от друга. Солнце использует свою массу и гравитационную силу, чтобы сжать атомы водорода вместе в своем ядре. Таким образом, мы можем сжать атомы водорода вместе, используя интенсивные магнитные поля, мощные лазеры или ионные пучки.

С помощью современных технологий мы можем достичь только температур и давлений, необходимых для того, чтобы сделать возможным синтез дейтерия и трития. Слияние дейтерия с дейтерием требует более высоких температур, которые могут быть возможны в будущем. В конечном счете, слияние дейтерия с дейтерием будет лучше, потому что легче извлечь дейтерий из морской воды, чем получить тритий из лития. Дейтерий не радиоактивен, и реакции дейтерий-дейтерий дадут больше энергии

Современные ядерные реакторы используют ядерный синтез для выработки энергии. При делении ядра энергию можно получить, расщепив один атом на два атома. В обычном ядерном реакторе высокоэнергетические нейтроны расщепляют тяжелые атомы урана, образуя большое количество энергии, радиацию и радиоактивные отходы, которые сохраняются в течение длительного периода времени. При ядерном синтезе вы получаете энергию, когда два атома соединяются вместе, образуя один. В термоядерном реакторе сотни атомов собираются вместе, образуя атомы гелия, нейтроны и огромное количество энергии. Это тот же тип реакции, который используется в водородных бомбах и на солнце. Это был бы более чистый, безопасный, эффективный и обильный источник энергии, чем ядерное деление.

Существует несколько типов термоядерных реакций. Большинство из них содержат изотопы водорода, называемые дейтерием и тритием:

- Протон-протонная цепь - эта последовательность является преобладающей схемой реакции синтеза, которая происходит на таких звездах, как Солнце. Две пары протонов образуют два атома дейтерия. Каждый атом дейтерия в сочетании с протоном образует атом гелия-3. Два атома гелия-3 образуют бериллий-6, который нестабилен. Бериллий-6 распадается на два атома гелия-4. В результате этих реакций образуются частицы высокой энергии (протоны, электроны, нейтрино, позитроны) и излучение (свет, гамма-лучи).

- Дейтерий-дейтериевые реакции - два атома дейтерия образуют атом гелия-3 и нейтрон.

- Дейтерий-тритиевые реакции Один атом дейтерия и один атом трития объединяются, образуя атом гелия-4 и нейтрон. Большая часть высвобождаемой энергии находится в форме высокоэнергетических нейтронов.

Существует два способа достижения температур и давлений, необходимых для синтеза водорода

- Магнитное удержание использует магнитные и электрические поля для сжатия водородной плазмы. Проект ITER во Франции использует этот метод.

- Инерционное удержание использует лазерные лучи или ионные пучки для сжатия и нагрева водородной плазмы.

Реактор такой формы называется токамаком. Токамак ИТЭР будет представлять собой автономный реактор, части которого находятся в различных кассетах. Эти кассеты можно легко вставлять и извлекать без необходимости демонтажа всего реактора для технического обслуживания. Токамак будет иметь плазменный тороид с внутренним радиусом 2 метра и внешним радиусом 6,2 метра.

Пример ИТЭР

Основными частями реактора ИТЭР токамак являются:

- Вакуумный сосуд - удерживает плазму и поддерживает реакционную камеру в вакууме.

- Инжектор нейтрального пучка (ионная циклотронная система) - впрыскивает пучки частиц из ускорителя в плазму, чтобы помочь разогреть плазму до критической температуры.

- Катушки магнитного поля (полоидальные, тороидальные) - сверхпроводящие магниты, которые ограничивают, формируют и удерживают плазму с помощью магнитных полей.

- Трансформаторы/центральный соленоид - подача электроэнергии на катушки магнитного поля. Охлаждающее оборудование (crostat, крионасос) - охлаждает магниты.

- Бланкет-модули - изготовлены из лития; поглощает тепло и высокоэнергетические нейтроны в результате термоядерной реакции.

- Диверторы - отводят гелиевые продукты термоядерной реакции.

Вот как будет работать процесс: термоядерный реактор будет нагревать поток дейтериевого и тритиевого топлива с образованием высокотемпературной плазмы. Он будет сжимать плазму, чтобы мог произойти термоядерный синтез. Мощность, необходимая для запуска термоядерной реакции, составит примерно 70 мегаватт, но выход энергии в результате реакции составит 500 мегаватт и более. Термоядерная реакция будет длиться от 300 до 500 секунд (в конечном итоге произойдет устойчивая термоядерная реакция). Литиевая заготовка вне камеры плазменной реакции будет поглощать высокоэнергетические нейтроны в результате термоядерной реакции, чтобы получить больше тритиевого топлива. Одеяла также будут нагреваться нейтронами. Тепло будет передаваться по контуру водяного охлаждения в теплообменник для получения пара. Пар будет приводить в действие электрические турбины для производства электроэнергии. Пар будет конденсироваться обратно в воду, чтобы поглотить больше тепла из реактора в теплообменнике. Первоначально токамак ITER проверит возможность создания термоядерного реактора

с длительным сроком службы и в конечном итоге станет испытательной термоядерной электростанцией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вейнберг А., Вигнер Е., пер. с англ. под ред. Я. В. Шевелева. М. / Физическая теория ядерных реакторов // Изд-во иностр. лит., 2011 г.
2. Цвайфель П.Ф. / Физика реакторов // М., Атомиздат, 2012 г.
3. Ганев И.Х. / Физика и расчет реактора // Учебное пособие для вузов. М, Энергоатомиздат., 2010 г.
4. Матвеев Л.В., Рудик А.П. / Почти все о ядерном реакторе // М., Энергоатомиздат., 2011 г.
5. Вальтер А.К., Залюбовский И.И. / Ядерная физика // Харьков: Основа, 2011 г.
6. Беловодский Е.А., Щетинина И.А. Применение биомассы в энергетике/ *Фундаментальные исследования в естественнонаучной сфере и социально-экономическое развитие Белгородской области// Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 6-12.*

УДК 621.3

Забельский Д.С.

*Научный руководитель: Саввин Н.Ю., канд. техн. наук, ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОПТИМИЗИРОВАННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА

Освещение влияет на организм человека и выполнение различных задач. Правильное освещение сокращает число несчастных случаев и увеличивает производительность труда на 10-15%. Неправильно подобранное освещение может являться причиной различных болезней, снижает физическую, а также умственную работоспособность, увеличивает количество ошибок в производственных процессах.

В случаях если освещение, соответствующее техническим и санитарным нормам, называется рациональным. Формирование такого освещения на производствах считается одной из самой важной задачей.

В различных помещениях применяется естественное и искусственное освещение. Естественный свет предполагает из себя, проникновение солнечного света внутрь зданий через окна и различные

проемы. Подобное освещение очень часто меняется и зависит от времени года и суток, а кроме того еще и от атмосферных явлений. На освещение могут влиять самые разные факторы, например, устройство и расположение зданий, насколько застеклена поверхность, форма и расположение окон, а также расстояние между зданиями.

Освещение помещений нормируется. Общеизвестные нормы для различных зданий разрабатываются с учетом их предназначения. Дневное естественное освещение необходимо для торговых магазинов, где покупатели выбирают товар по фигуре, величине, расцветке и другим потребительским признакам [1].

Естественное освещение – наиболее благоприятное для человека, но оно не может в полном объеме обеспечить необходимым количеством света производственные здания. Для этого в современном мире широко используется искусственное освещение.

Все без исключения помещения различных предприятий обязаны иметь, как естественное, так и искусственное освещение. Наиболее распространенным видом искусственного освещения является электрическое освещение, которое также нормируется для разных видов помещений.

Освещенность определяется люксметром. Его строение заключается в селеновом элементе и миллиамперметре. То есть, когда на него попадает свет, на селеновом фотоэлементе возникает фототок, который в миллиамперметре воздействует на стрелку прибора, которая показывает освещенность рабочей зоны. Если люксметр отсутствует, то для определения освещенности на практике руководствуются нормами электрического освещения, выраженным в ваттах на 1 м^2 площади.

Рациональное искусственное освещение предусматривает равномерную освещенность, без резких изменений и пульсаций, благоприятный спектральный состав света и достаточную яркость. Поэтому для более правильного освещения помещений необходимо делать общее и местное освещение, которые вместе образуют комбинированное освещение [2].

Санитарные нормы проектирования и строительства учитывают минимальные нормы искусственного света. В торговых помещениях действует дежурное освещение, которое включается в ночное, нерабочее время, а также при аварийных случаях. Аварийное освещение обеспечивает не менее 10% рабочего освещения.

Для искусственного электрического освещения применяют лампы накаливания и люминесцентные. Люминесцентные лампы гарантированно обеспечивают очень высокое качество освещения и

имитируют естественный свет. Они очень экономичны по расходу электроэнергии, сроку службы и светопередаче.

По типу распределения светового потока светильники подразделяют на три группы: прямого, отраженного и рассеянного света. Все без исключения светильники характеризуются коэффициентом полезного действия, диаграммой светораспределения и защитным углом.

Коэффициент полезного действия светильника – это отношение светового потока, излучаемым светильником, к световому потоку применяемой в нем лампы.

Защитный угол образуется горизонтальной линией, проходящей через центр светящейся лампы, и линией, проходящей через центр светящегося тела с краем арматуры. Норматив защитного угла – не менее 25–30°. Тогда прямые лучи источника не попадают в глаза и не оказывают вредного ослепляющего действия.

По форме кривой светораспределения различают светильники глубокого, косинусного, равномерного и широкого светораспределения.

В наше время для освещения используют осветительные приборы встроенного типа, то есть светящиеся панели и потолки, а также подвесные потолки. Они позволяют нам создать равномерную освещенность и благоприятно влияют на трудоспособность людей.

Особо важным значением является правильная организация эксплуатации осветительных приборов, которая предусматривает систематическую очистку окон, светильников и фонарей от загрязнения, профилактический ремонт оборудования, своевременную замену перегоревших ламп в осветительных приборах, соблюдение общих санитарных правил в помещениях и на территории, прилегающей к зданиям, регулярно белить и красить стены и потолки помещений в светлые тона [3].

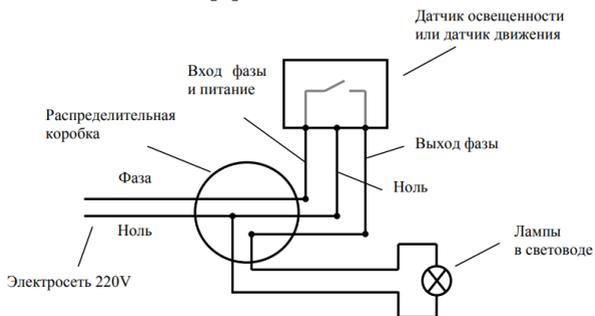


Рис. 1 Система автоматического регулирования

На рис. 1 представлен вариант автоматического регулирования уровня освещённости в любое время суток. Датчик освещенности устанавливается в помещении и подключается к сети через распределительную коробку. В периоды, когда уровень освещения падает, датчик срабатывает, и подключаются дополнительные лампы в световоде. Такой способ позволяет поддерживать оптимальный уровень освещенности в темное время суток.

Для большей эффективности энергосбережения к системе можно также подключать реле времени. Это таймер света на основе микропроцессора, который позволяет отключать дополнительное искусственное освещение в ночное время. Также возможна установка регулятора дневного света, который при необходимости перекрывает доступ света в помещение или уменьшает его количество в светлое время суток. Такая система называется системой автоматического управления.

В процессе использования осветительных приборов необходимо следить за поддержанием постоянного напряжения и устранять причины, вызывающие потери или колебания напряжения. Контрольные проверки освещенности должны проводиться один раз в три месяца [4].

Необходимо строго следить за защитой глаз от ослепительного воздействия источника света, не допускать снятия с осветительных приборов защитных стекол и рефлекторов, уменьшения высоты подвеса светильников. Обслуживание и ремонт осветительных установок должен производить квалифицированный персонал. Освещенность и эксплуатация осветительных систем контролируются на предприятиях ведомственными органами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карачев В.М. Установки наружного освещения улиц городов: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ. 2007

2. Федосин С.А. Геометрические модели и их программная реализация для компьютерного исследования и проектирования световых приборов / С. А. Федосин, В. В. Байнев // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2016. — № 6. — С. 35—40.

3. Черныш, Н. Д. Современные условия создания комфортного архитектурного средового пространства / Н. Д. Черныш, В. Н. Тарасенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 1. – С.

101-104. – DOI 10.12737/23737. – EDN XHLELX.

4. Перепичаенко Е.К., Матеев У.А., Сафонов Ю.М. Исследование динамики замкнутой линейной двухмассовой электромеханической системы // Труды МЭИ. Вып. 520. 1981.

УДК 620.92

Зиганшина Д.Е.

*Научный руководитель: Аверьянова Ю.А., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

ПЕТРОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ В РОССИИ

Температура ядра нашей планеты способна стать источником энергии, доходя до отметки около 6000 °С [1]. Такая энергия, добываемая из недр земли, несёт название геотермальная, представляя один из видов возобновляемых источников энергии. В добывании ресурса данный термин имеет разделение на гидротермальную и петротермальную энергетики. Принцип первого способа получения тепла обращает своё внимание на естественные подземные резервуары воды, расположенные на небольшой глубине, как правило, не более 2000 метров, а также на горячие источники. Стоит отметить, что на неё приходится 1% всех геотермальных запасов и что процесс бурения и последующее получение горячей воды или пара осуществляется более быстро и легко, по сравнению со вторым подвидом, на которую уже приходится 99% данного вида энергии.

Петротермальные ресурсы как тепловая энергия – это водовмещающие породы, большой запас энергии которых наши технологии способны найти на глубине до 10 км. Благодаря особенной способности, ближней к неисчерпаемости, благодаря актуальности и приоритету в большей независимости от времени и погодных условий в отличие от солнечной и ветровой энергетик, а также небольшим площадям, занятым под электростанцию, данный вид получения энергии достоин для внедрения в каталог разнообразных способов её получения.

Рассмотрим большое число районов нашей местности, богатой геотермальными ресурсами. Промышленное применение данной энергетики, разумеется, имеет место быть на территориях с высоким геотермическим градиентом. Тепло нашей Земли увеличивается на 2,5 °С каждые 100 метров вглубь [2], но большая актуальность будет

замечена в местах, где на глубине не более 2 км температура пород варьируется от 80 до 100 градусов. Такими ресурсами, несомненно, богата Россия. Например, в центральной части среднерусского бассейна, в центре Европейской части страны, на территории Дальнего Востока, в Предкавказье, Ленинградской и Калининградской областях, а также в районах, где потребность в энергии достигает наибольших отметок. Россия богата и другими территориями, температура которых на глубине 1 километра достигает отметки более 100 °С, к примеру, таким источником является озеро Байкал. И отметки 50 градусов - на территории Ханты-Мансийского автономного округа, полуострова Камчатки и т.д. [3].

Потребление петротермальной энергии в качестве теплоисточника в локальной мере позволяет избежать множество экологических проблем. Но финансовые затраты на бурение скважин с целью дальнейшего получения энергии огромны и являются существенной экономической проблемой, а сам процесс – нерентабельным, так как расходы составляют до 60% от всей суммы [4]. Но стоит отметить, что расходы на бурение геотермальных скважин уменьшаются с увеличением глубины бурения, чего не скажешь о газовых и нефтяных, стоимость процесса которых наоборот увеличивается с повышением метров вглубь. А именно это является хорошим преимуществом, так как энергию на таком расстоянии можно получить ещё больше.

Цель создания геотермальных станций именно в России – это гарантия постоянной энергии дальних и нуждающихся в энергетике районов страны. Для осуществления цели нужно взять во внимание отопление за счёт тепла земли, так как она сохраняет его на всём протяжении времени и способна нагревать объекты, находящиеся на поверхности. В большинстве своём это территории вечной мерзлоты, что составляет 60% от всей территории до глубины 1,5 км. К примеру, когда на улице окружающая температура понижается до 30 °С ниже нуля, в земле на глубине всего лишь 30 метров она держится на постоянной основе 10 градусов. С помощью геотермального насоса холодная вода пройдёт по земляному контуру и снабдит дом тёплой.

Так с давнего времени в некоторых странах, например, в Германии, используется принцип отопления полов в зданиях благодаря теплу, получающему от геотермальных источников. Для этого применяются геотермальные зонды на глубине 100 метров и более. Разумеется, большой эффект достигается при глубине скважины в несколько километров. [5]

Полагается, что новые технологии процесса бурения являются решением данной, самой существенной, проблемы. Инженеры

прибегают к таким методам как пламенное бурение и бурение с расплавлением породы, химический способ и абразивное бурение с ускорением, которые были рассмотрены ещё около 20 лет назад [4].

Есть также небольшой недостаток, что результирующий тепловой поток через поверхностный слой Земли может меняться в разные времена года, а горные породы в своем большинстве подвергаются как нагреванию, так и охлаждению, из-за чего в них происходят необратимые процессы, влияющие на теплопроводность. Но в случае с петротермальной энергией, предполагающей использование скважин на глубине от 3000 до 7000 метров, этим фактором можно пренебречь, чего не скажешь о гидротермальной энергетике. [5].

Опыт первых проектов создания геотермальных станций показал, что при исследовании территории нужно учесть все нюансы: 1) размещение скважин в разных географических местах, 2) их глубину, 3) режим работы и неоднородность поля, 4) а также распределение напряжений в горных породах. Она объясняется сложным геологическим строением петротермальной скважины во всех направлениях. А тепловое поле земной коры и её поверхности зависит от процессов, протекающих как в недрах Земли, так и на её поверхности [6].

Для облегчения расчётов используют множество способов, например, за счёт огромного количества распластавшихся по всей России разведывательных скважин под нефть и газ и за счёт сейсмозондирования – регистрации искусственно возбуждаемых природных волн. По результатам последнего определяются температуры на глубинах до 200 км и вырисовывается полная картина распределения тепловых характеристик различных зон [6].

По результатам мирового опыта освоения добычи энергоресурсов посредством геотермальной энергетики выявлено, что во многих странах мира ей обращается должное внимание, как и к другим видам альтернативной энергетики. Опираясь на мировой опыт, – но слегка ввиду иного ландшафта территории и других климатических зон, – Россия может привести в действие исследовательские работы в области данного вида энергетики и решить проблемы в этой области, одну из ключевых – снабжение энергией более нуждающихся в ней районов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Геотермальная энергетика: энергетика будущего» - [Электронный ресурс] – режим доступа:

<https://altenergiya.ru/termal/geothermalnaya-energetika.html> (дата обращения 05.10.2022).

2. Митина Н.Н., Крамарова Е.М., Дадаев С.С. Преимущественные виды альтернативных источников энергии в арктическом регионе России // Деловой журнал NEFTEGAZ.RU. № 3,5. 2020. С. 51-59.

3. Вассерштрот Л.М., Котельникова И.В. Геотермическая карта России. Масштаб: 1:10000000. 1995 г. // Научно-производственное предприятие "Недра". // Геологический атлас России. Раздел II. Геологическое строение и геофизическая характеристика недр. [Электронный ресурс] / ФГУП «ВСЕГЕИ»; 1995 г. URL: http://neotec.ginras.ru/neomaps/M100_Russia_1995_Geothermal.jpg. (дата обращения: 15.09.2022).

4. Алексеенко С.В., Бородулин В.Ю., Гнатусь Н.А., Низовцев М.И., Смирнова Н.Н. Проблемы и перспективы развития петротермальной энергетики (обзор) // Теплофизика и аэромеханика. Том 23. №1. 2016. С. 1-16.

5. «Использование возобновляемых источников энергии» - [Электронный ресурс]– режим доступа: <https://de.exrus.eu/object-id5079b21b6ccc199c6900148d> (дата обращения 02.10.2022).

6. Гейбатов Р.А. Исследование температурного потенциала петротермальной скважины для повышения эффективности комплексного энергоснабжения объектов: диссертация. Защищена 2015 г.: утв. 2012 г. / Гейбатов Руслан Аликович. Ставрополь, 2015. С. 15-29.

УДК 661.321

Кокошников И.В.

*Научный руководитель: Иванов А.В., канд. техн. наук, доц.
Вологодский государственный университет, г. Вологда, Россия*

СИСТЕМА НИЗКОВОЛЬТНОГО СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ С ВЫСОКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

Светильники и лампы на основе светодиодных источников света являются доминирующими при создании современных систем освещения. Их достоинством, по сравнению с другими источниками света, является высокая энергоэффективность, выражаемая в меньшем потреблении электроэнергии при эксплуатации, лучшей светоотдаче. Однако большой срок службы светодиодных ламп, который заявляют производители, не всегда соответствует действительности.

Как показала практика, причиной преждевременного выхода из строя светодиодной лампы преимущественно является нарушение работы электрического преобразователя (драйвера), выполняющего роль выпрямителя и стабилизатора тока для светодиодов. Драйвер светодиодной лампы состоит из таких электронных компонентов, как конденсаторы, дроссели, линейные стабилизаторы, которые при некачественной сборке или неправильно рассчитанном тепловом режиме часто выходят из строя. Конструкция стандартной светодиодной лампы представлена на рис. 1 [1].



Рис. 1 Внутренняя конструкция светодиодной лампы для сети с переменным напряжением 220 В

Для оценки эффективности теплоотвода светодиодных ламп для стандартной сети освещения с напряжением 220 В и частотой 50 Гц принято решение измерить температуру нагрева светодиодных модулей экспериментально в течение различных временных интервалов. Для проведения эксперимента были выбраны 5 ламп мощностью 10 Вт различных производителей: Gauss, IEK, Navigator, JazzWay, Osram.

Измерения температуры проведены после включения ламп в сеть в течение нескольких временных интервалов. Начальная температура $t_0=25,7^{\circ}\text{C}$. Данные снимались на поверхности корпуса ламп. Результаты измерений температуры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Температура нагрева светодиодных ламп

Произв-ль	$I_{вх}$, мА	Время работы, мин.									
		0	1	2	3	5	7	10	20	30	60
Gauss	58	25,7	44,8	55,6	62	72	78,2	80,7	87,9	90,4	91,1
Osram	48	25,7	44,7	51,1	57,5	65,4	71,8	75	76	79,7	77,9
IEK	60	25,7	45,5	55	61,5	72,3	78,7	84,6	90	92,3	93
Navigator	71	25,7	44,3	53,2	61,5	73,5	79,7	84	90,7	92	92,2
JazzWay	55	25,7	43,9	52,3	54,9	65,8	76,7	81,4	84,4	88,1	87,4

После проведения анализа полученных данных был сделан следующий вывод: светодиодные лампы работают в режимах, при которых светодиодный модуль нагревается до предельных температур. Рабочая температура ламп производителей Gauss, IEK, Navigator, JazzWay превышает значение нормальной рабочей температуры светодиодного модуля ($t_n=85^{\circ}\text{C}$), что неизбежно приведет к его выходу из строя раньше заявленного срока службы лампы.

Для выбранных ламп также были рассчитаны значения КПД для оценки их энергоэффективности. Энергоэффективность одной светодиодной лампы зависит от внутреннего расположения элементов, марки светодиодов, вида управляющей микросхемы.

Измерения входных параметров произведены на цокольных контактах. Измерения выходных параметров произведены на светодиодном модуле, точки приложения щупов приборов определены в соответствии с вышеприведенными схемами ламп. Все измерения произведены через 15 минут после включения ламп под сетевое напряжение. Это необходимо для того, чтобы светодиодные чипы и плата драйвера вошли в установившийся рабочий температурный режим.

Результаты измерения рабочих параметров ламп и расчета КПД приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры рабочего режима светодиодных ламп

Производитель	$U_{вх}$, В	$I_{вх}$, мА	$\cos\varphi$	$U_{вых}$, В	$I_{вых}$, мА	$P_{вх}$, Вт	$P_{вых}$, Вт	η_l
Gauss	232,6	52	0,6	240,5	20,3	7,26	4,88	0,67
Osram	231,7	66	0,58	262,9	23,4	8,87	6,15	0,69
IEK	230	55	0,63	81,2	75,1	9,71	5,56	0,57
Navigator	235	58	0,6	73,2	74	8,18	5,42	0,66
JazzWay	232,2	48	0,68	249,2	19,1	7,58	4,76	0,63

По полученным данным можно определить, что КПД ламп не превышает значения $\eta_l=0,7$.

Результаты, полученные в ходе проведения экспериментальных измерений дали понять, что на данный момент светодиодная продукция обладает следующими двумя серьезными недостатками:

- недостаточный реальный коэффициент полезного действия у светодиодных ламп, предназначенных для стандартной сети 220 В;
- недостаточно эффективное отведение тепла от светодиодных чипов, приводящее к их деградации и сокращению срока службы лампы.

Решением данных проблем является применение системы низковольтного светодиодного освещения.

В качестве решения проблемы предлагается разработка системы низковольтного рабочего освещения, в которой светодиодные лампы и светильники в пределах одной линии (помещения, квартиры, дома, здания) будут запитаны пониженным постоянным напряжением от одного преобразователя вместо использования преобразователей в каждой лампе и светильнике [2]. Данная система освещения имеет следующие преимущества:

- высокая энергоэффективность, обеспечиваемая применением одного преобразователя вместо нескольких (что приведет к снижению потерь мощности) и возможностью прямого подключения системы НСО к ВИЭ;

- высокая надежность, обеспечиваемая существенным упрощением конструкции светодиодной лампы, выносом самого ненадежного элемента (преобразователя) из лампы, снижением нагрева лампы;

- высокая безопасность эксплуатации и монтажа, обеспечиваемая применением сверхнизкого постоянного напряжения;

- комплексное снижение стоимости оборудования, материалов и монтажа.

Предлагаемая к разработке система рабочего НСО позволит полноценно и комплексно использовать основные преимущества светодиодных источников света – энергоэффективность, большой срок службы, повысить надежность и безопасность эксплуатации системы.

Конструктивно система НСО будет состоять из отдельных элементов: низковольтных светодиодных ламп (светильников), преобразователя, кабельных линий, и при необходимости: контроллера ВИЭ, солнечной батареи, аккумулятора (рис. 2) [3].



Рис. 2 Схема системы низковольтного светодиодного освещения с применением ВИЭ (солнечной батареи)

Предварительные расчеты параметров и режима системы низковольтного светодиодного освещения на примере жилого дома (коттеджа) с суммарной площадью 145 м².

В ходе выполнения расчетов были разработаны предварительные схемы низковольтных ламп с использованием линейной стабилизации тока. Уровень питающего напряжения выбран $U_{пит}=48$ В. КПД по сравнению со стандартными светодиодными лампами выше и составляет $\eta_{л}=0,8$.

Для сравнения системы низковольтного светодиодного освещения ($U_{пит}=48$ В) с системой стандартного светодиодного освещения ($U_{пит}=220$ В) были рассчитаны капитальные затраты на установку системы стандартного освещения и системы низковольтного освещения. За счет применения кабеля с меньшим сечением и меньшего количества автоматических выключателей, установка системы низковольтного освещения дешевле почти на 60000 рублей.

Также рассчитано снижение затрат на эксплуатацию обеих систем. Как показали расчеты, снижение затрат в год составляет 30 %.

В результате проведенных исследований и расчетов сделаны выводы, что система низковольтного светодиодного освещения наиболее энергоэффективна и надежна в сравнении с существующими системами стандартного освещения. В дальнейшем при разработке новых стандартов проектирования низковольтных систем освещения для жилых и общественных зданий перспективно широкое использование таких систем в многоквартирных жилых домах, офисных зданиях, различных учреждениях, предприятиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бугров В.Е. Оптоэлектроника светодиодов: учеб. пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. 174 с.
2. Алюнов А.Н. Электроснабжение осветительных установок: учеб. пособие. Вологда: ВоГУ, 2018. 71 с.
3. Иванов А.В. Силовая электроника. Выпрямители: учеб. пособие. Вологда: ВоГУ, 2015. 119 с.

АНАЛИЗ РЫНКА ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СЖИГАНИЯ БИОГАЗА

Хотя ископаемое топливо по-прежнему используется в системах выработки электроэнергии [1], зданиях и в других местах, у них есть две проблемы. Во-первых, ископаемое топливо ограничено и неравномерно распределено по всему миру. По оценкам ученых, в ближайшем будущем запасы угля, сырой нефти и природного газа будут быстро истощаться. Во-вторых, ископаемое топливо ответственно за глобальное потепление. [2].

Появляющаяся биогазовая технология привела к разработке ряда биогазовых приборов. Наиболее перспективной среди них является биогазовая горелка, широко используемая для приготовления пищи и в промышленности. Наблюдается значительное расхождение между номинальной и измеренной тепловой мощностью этих горелок. Это означает, что эти биогазовые горелки не были должным образом испытаны, спроектированы и стандартизированы из-за отсутствия научных, инженерных и технических критериев, особенно подходящих для биогаза с таким низким давлением и низкой теплотворной способностью. Производительность горелки значительно улучшается при испытании методом стационарного режима. Помимо этого, влияние нескольких параметров, а именно: давления потока биогаза, размера поддона и его положения над головкой горелки, было тщательно изучено с целью выбора рабочего диапазона этих параметров, который мог бы обеспечить оптимальные тепловые характеристики биогазовой установки [3].

Цель работы – обзор технических решения горелок, предложенных на рынке. Эффективность работы газогорелочных устройств, сжигающих биогаз и свалочный газ, зависит, прежде всего, от состава газа и его энергетических характеристик, а также от организации процесса сжигания биогаза и конструкции горелочного устройства [4].

Таблица 1. – Промышленные газовые горелки, работающие на биогазе

Наименование параметра	Размерность	КП-100Б	M601	GAS P100/2	МДП-Г-120	ГСБ-200	ГМГР-6	URB-5
Номинальная тепловая мощность	МВт	1	1,15	1,16	1,2	1,28	7	7
Номинальное давление газа перед горелкой	кПа	36	30	36			20	
Номинальный расход газа	кПа	110		135	120	200	645	741
Регулирование	-	Пламенный тип регулирования (10-100%)	Модулированное (бесступенчатое)					Модулируемая с настраиваемой мощностью
Тип горелки	-	квазичетическая			микролиффузионная		газомазутная рециркуляционная	
Производитель	-	ООО «Газтехаппарат», Москва	Dreizler, Германия,	F.V.R. Италия	НПП «ЭКОФЛЕЙ М», Киев	ООО «Эко-теплогаз», Москва	Kromschroder, Германия	S.I.V. Unigas, Италия

Поэтому рассмотрение ныне представленных на рынке горелок имеет актуальность для понимания настоящей ситуации и необходимости разработки собственного оборудования.

В промышленности для сжигания биогаза выполняются специальные горелки под заказ. Для сжигания биогаза в горелке требуется регулирование расхода газозвушной смеси [5]. А также существует много проблем, связанных со сгоранием биогаза, таких как стабильность пламени, распространение пламени, температура пламени и выбросы [6]. Некоторые горелки имеют комбинированный тип, как «ГМГР-6» (рис1.). из представленных, а именно могут работать с несколькими видами топлива одновременно или при частичном предварительном смешивании с различными видами ископаемого и возобновляемого топлива [7]. Так же горелки на биогазе характерны увеличенным расходом топлива к воздуху, что видно на ГСБ-200, расход которой указан конкретно под биогаз

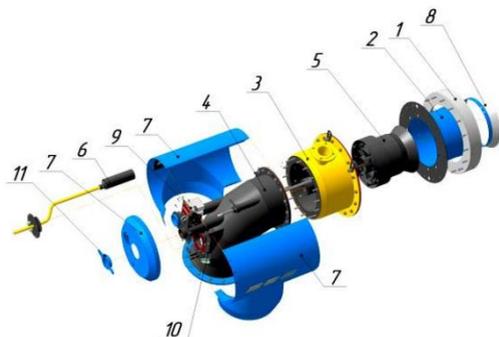


Рис. 1 Горелка ГМГР-6.

1-Короб охлаждения, 2-Камера газовая, 3-Камера газовый, 4-Короб воздушный, 5-Завихритель, 6-Устройство запальное, 7-Кожух защитный, 8-Насадок формирующий амбразуру, 9-Приборы контроля факела и трансформатор розжига, 10-Панель клеммная, 11-Зажим цанговый

Были проведены сравнительные исследования горелочных устройств, поддерживающих работу на биогазе. Составлена таблица горелок с их характеристиками. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что большая часть представленных горелок импортного производства, либо сильно поднялись в цене, либо недоступны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубаев П.А. Оценка энергетического потенциала свалочного

газа // Энергетические системы. 2021. № 6(1). С.91–105.

2. Mohy S.M., Muhammed S.A., Nageh K.A., Ibrahim A.M., Alaa M.K., Hazem M.A., Mohamed F.Z. Biogas production enhancement using nanocomposites and its combustion characteristics in a concentric flow slot burner // Experimental Thermal and Fluid Science. 2020. Vol. 113. P. 110014.

3. Chandra A., Tiwari G.N., Srivastava V.K., Yadav Y.P. Performance evaluation of biogas burners // Energy Conversion and Management. 1991. Vol. 32(4). P. 353–354.

4. Бухмиров В.В., Садчиков А.В., Садчиков А.А., Темлянцева Е.Н., Бушуев Е.Н. Разработка горелочного устройства для эффективного сжигания биогаза // Вестник ИГЭУ. 2020. № 6. С.5–13.

5. Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С., Лобанов И.В. Исследование распределения газовой смеси в корпусе инжекционной горелки с тепловым расщепителем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С.60–66.

6. Рамазанов Р.С., Суслов Д.Ю., Кушев Л.А., Семенов А.С., Уваров В.А. Теоретическое описание процесса подогрева газовой смеси в корпусе горелки с тепловым расщепителем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 26–34.

7. Трубаев П.А., Корнилова Н.В. Расчет совместного сжигания биогаза и RDF топлива // Энергетические системы. 2020. № 5(1). С.173–182.

УДК 330.83

Лопухина В.А.

*Научный руководитель: Гринь С.В., канд. экон. наук.
Вятский государственный университет, г. Киров, Россия*

ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ РОЛЬ ДЕНЕГ В ЭКОНОМИКЕ

Деньги — неотъемлемый элемент жизни каждого человека. Очень важно понимать причины появления денег, их развитие, чтобы понимать их функции и предназначение в обществе.

Говоря о историческом развитии денежной системы в общем и развитии денег в частности, стоит упомянуть о том, что каждое значительное изменение оказывало влияние на многие экономические процессы. О том, какие процессы могут быть подвержены влиянию изменений в денежных функциях, в каждую эпоху велись споры.

Сегодня трудно представить свою жизнь без денег. Наличные и безналичные средства прочно вошли в жизнь обывателя. Однако деньги необходимы не только отдельному гражданину, в них нуждаются и другие субъекты экономической жизни — организации и государство.

Предприятия и организации используют деньги для реализации предпринимательской идеи и впоследствии увеличения денежных средств, посредством получения прибыли. Государственный аппарат же направляет средства на регулирование рыночной экономики страны, а также, например, при поддержке малых предприятий. С одной стороны, может показаться, что каждый субъект использует определённые средства для реализации поставленной задачи, но в каждом случае этот инструмент — деньги. И совсем неважно в какой форме они будут представлены. Купюры с различной символикой своего государства, зарубежные валюты, куски металлов и даже записанные через электронный код — это всё те же, знакомые каждому, деньги. [1]

В современном мире можно встретить большое разнообразие форм денег, это и чековые деньги, и электронные платежи, монеты и всем известные бумажные деньги, но каждая из форм, имеет ряд преимуществ и недостатков. В ходе исторического развития, экономисты задумывались о функциях денег и их влиянии на экономику государства в целом, а также о том, какая форма денег более предпочтительна для устойчивого развития экономики.

Как уже было упомянуто ранее, о предназначении денег и их функциях, издавна ведутся споры. Кто-то из экономистов ограничивает все функции в одну, а кто-то выделяет несколько.

Рассмотрим по порядку основные теории денег.

Металлическая

Данная теория возникла в Англии в 16-17 в. Среди представителей выделяют: Т. Мен, Д. Норс, У. Стэффорд, А. Монкретьен. Эта теория сформировалась во время появления разделения труда и перехода от натурального хозяйства. Теперь необходимо было найти альтернативу тем предметам, что ранее использовались как эквивалент стоимости товара. На замену пришли более универсальные средства из металлов, но товарные деньги не очень удобны в использовании, они тяжеловесны и неудобны при купле-продаже.

Основоположники данной теории считали, что главной функцией денег выступает мера стоимости. Признание получают только устойчивые и «полноценные» деньги — изготовленные из металла. Таким образом, среди представителей металлической теории богатым будет считаться тот, кто обладает драгоценными монетами.

Монеты из серебра и золота, т.е. из благородных металлов, ценятся выше, отсюда следует тот факт, что покупательная способность денег в те времена зависела непосредственно от материала, из которого изготовлена монета.

Номиналистическая

Вторая теория зарождалась ещё в работах римских и средневековых юристов. Но в том виде, в каком она дошла до нас, она появилась в работах англичан Дж. Беркли (1685-1753) и Дж. Стюарта (1712- 1780) в XVII-XVIII веках. Именно тогда зародилось убеждение: ценность монеты определяется не металлом, из которого она изготовлена, а её номиналом. Отражение этой теории не сложно заметить в современном мире, ведь сейчас банкноты номиналом 50 и 5000 рублей будут выполнены из одного материала. Но покупательная способность у них кардинально разная. [2]

Примечателен тот факт, что данная теория начала зарождаться в работах юристов, а англичане отрицали товарную природу денег и их сущность рассматривали конкретно в юридическом аспекте деятельности государства.

В рамках номиналистической теории денег произошла формулировка зависимости между величиной кредита и массой денег. Это вклад был сделан Г. Торнтоном, банкиром, который стал рассматривать как деньги не только банкноты и монеты, а векселя и депозиты. Но основная его заслуга заключается в описании механизма влияния денег на уровень цен и обоснование разницы между номинальной и реальной ставок процента, а также их влияние на экономику. Он вывел положение о том, что инфляция является регулятором рыночной экономики.

Количественная

Следующую теорию представляют такие личности, как Ж. Боден, Д. Юм и Дж. Милль. Говорящее название — количественная. Но о каком количестве идёт речь? Всё гениальное — просто. Количество денег в обороте влияет непосредственно не только на уровень цен на рынке, но и на покупательную способность денег. Представители этой идеи идут наперекор меркантилистам и доказывают, что рост денежной массы не приведёт к росту торговли. В данном случае деньги способны выполнять лишь одну функцию — *средство обращения*. [5]

Классическая версия количественной теории заключается в трех положениях:

- Причинность (зависимость цены от массы денег в обращении)
- Пропорциональность (цена меняется пропорционально количеству денег в обращении)

- Универсальность (Изменение количества денег влияет на изменение цен всех товаров без исключения) [3].

Ирвинг Фишер (1867-1947) выдвинул тезис в рамках этой теории: подобно весам количество уплаченных за товары денег и сумма цен этих проданных товаров равны. Именно классическая теория денег повлияла на становление двух течений: кейнсианство и монетаризм.

Кейнсианство

В конце 1920-х годов известный каждому, причастному к экономической науке, Джон Кейнс разработал свою теорию о сущности денег. Он пришел к выводу, что экономике необходимо регулирование государства, а также вывел несостоятельность металлических денег. Преимущество бумажных денег, по его мнению, заключалось в том, что их количество можно регулировать, в отличие от монет. Именно эту функцию кейнсианство доверяет государству — сжатие денежной массы, чтобы не допустить инфляцию и, соответственно, рост цен.

Монетаризм

Представители монетаризма же считали, что осуществление реального и постоянного экономического роста государства можно добиться лишь постепенным наращиванием денежной массы. Другие вмешательства могут привести к возникновению диспропорций. Самыми известными из них считаются И. Фишер, М. Фридмен и А. Маршалл. Таким образом можно выделить ключевые положения данной теории:

- Рыночная экономика способна к саморегулированию и стремится к нему, но избыточное предложение вызывает диспропорцию в виде инфляции.

- Монетаристы согласны с кейнсианской теорией в том, что регулирование экономики должно ограничиваться контролем денежной массы.

Таким образом, следует сделать вывод: деньги — это всеобщее признанный эквивалент стоимости товара, выполняющий ряд экономически важных функций. Использование и форма денег подвергалась множеству дискуссий, из которых сформировалось пять различных теорий о сущности денег.

Претерпевая изменения, товарные деньги почти полностью заменились бумажными, чеками и электронными. Сегодня востребованы все виды денег в различной степени. [4]

В современной экономике, нашли отражение номиналистическая, количественная, кейнсианская и монетаристская теории. Действительно, покупательную способность денег определяет материал, а не материал изготовления. Количество денег в обращении

влияет на все экономические процессы и важно регулировать денежную массу во избежание диспропорций.

Большинство экономистов сегодня считают необходимым контроль со стороны государства и переходе к использованию синтеза методов современного монетаризма и кейнсианства. Именно эти две теории собирают в себе все основные черты современной экономической системы России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Айдарханов М. Основы экономической теории. Учебник. – Москва: Фолиант. 2017. 432 с – [Электронный ресурс] – URL: <http://elib.kstu.kz/fulltext/Skachen/Aydarhanov%20Osnovy%20ekonomicheskoy%20teorii.pdf> (дата обращения 25.10.2022).

2. Мишкин Фредерик С. Экономическая теория денег, банковского дела и финансовых рынков. –2018. 880 с – [Электронный ресурс] – URL: <https://shfm.ranepa.ru/sites/default/files/books/mishkin> (дата обращения 22.10.2022).

3. Сидоров В.А. Общая экономическая теория: учебник для студентов высших учебных заведений–2017. – 603 с – [Электронный ресурс] – URL: http://201824.selcdn.ru/elit-050/pdf/9785950047947_elit-050.pdf (дата обращения 20.10.2022).

4. Г. И. Журухин Экономика учебник для студентов неэкономических профилизаций – 301 с. – [Электронный ресурс] – URL: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/20922/1/978-5-8050-0598-6_2016.pdf (дата обращения 20.09.2022).

5. Экономический портал - [Электронный ресурс] – URL: <https://www.economicportal.ru/> (дата обращения 20.10.2022).

УДК 620.92

Молчанова Е.С.

Научный руководитель: Беловодская И.И., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

THE USE OF WIND ENERGY RESOURCES IN THE PRODUCTION OF ELECTRICITY

Human civilization has begun to realize what damage has already been done to the environment. When it comes to dealing with these environmental issues, the focus is shifting to the use of renewable energy sources.

Alternative energy sources are those that do not cause undesirable consequences for the environment, are renewable and free of charge. Alternative energy sources can be implemented for energy supply of residential facilities, transport, enterprises and any other facilities that can be imagined.

Any energy source that does not pollute or harm the environment, and can also successfully replace the use of fossil fuels, is considered as alternative energy sources. Well-known sources of alternative energy used today: wind energy, solar energy, alternative hydropower, geothermal energy, space energy, tidal energy, hydrogen and hydrogen sulfide energy, biofuels and distributed electric power.

Scientists around the world are exploring the possibilities of developing and discovering new alternative energy sources so that it is easier, safer and more efficient to meet the growing energy needs of the population. The list of alternative energy sources that will help us maintain the natural balance without causing much harm to it compared to traditional energy sources is quite large: wind energy, solar energy, alternative hydropower, geothermal energy, space energy, tidal energy, hydrogen and hydrogen sulfide energy, biofuels and distributed electric power [1].

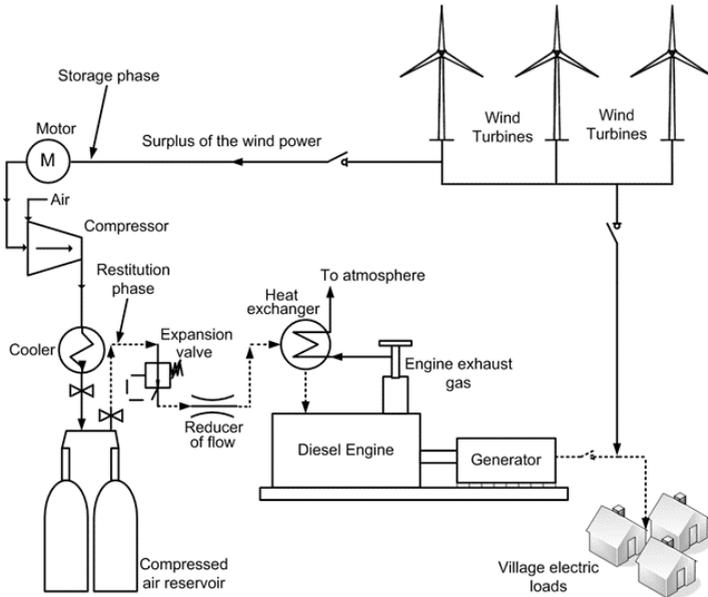
The relevance of the study lies in the fact that in recent years the energy sector has undergone a number of changes, each of which to some extent concerned alternative energy. First, oil prices have risen sharply. Secondly, the demand for energy has risen, including demands from developing and young countries. Thirdly, the political situation has negatively affected trade with Russia, including the energy sector. Fourth, a number of long-term contracts have been signed for the purchase of alternative energy at record low tariffs. Fifth, the governments of many countries have shown interest in alternative energy sources and supported innovations in this area [2].

Wind energy is a renewable energy source available in abundance around the world. Everything that moves has kinetic energy, so scientists and engineers use kinetic wind energy to generate electricity. Wind turbines have been designed to make the best use of this natural resource.

Wind energy is a renewable energy source available in abundance around the world. Everything that moves has kinetic energy, so scientists and engineers use kinetic wind energy to generate electricity. Wind turbines have been designed to make the best use of this natural resource [3].

All wind turbines are machines with a horizontal axis and a 3-blade rotor rotating in a vertical plane, which are installed at a height of almost 40 meters. Thus, the kinetic energy of the wind is converted into mechanical energy. This mechanical energy is then converted into electrical energy by a generator. The blades of the windmill work as a wing profile of different

cross-sections along the entire length. When the air moves along this aerodynamic profile, it creates lift, causing the blade to rotate around its axis. The generator is also connected to the rotor, the shaft starts to rotate and generates electricity (drawing 1).



Drawing 1. The scheme of the wind power plant

There should be no obstacles in the way of the wind, so turbulence of the air flow reaching the blades is not allowed. The best place to install on land is a hilltop or an open area where you can get an almost flowing air flow without any turbulence. If there is any obstacle in the air flow even in front of an open area, then it should be twice as long as the tower, then this will not affect the power generated by it [4].

There are two types of wind turbines: horizontal axis wind turbines (HAWT) and vertical axis wind turbines (VAWT). HAWT is the most common type of wind turbines. They usually have two or three long thin blades that look like an airplane propeller. The blades are positioned so that they face directly against the wind. VAWT wind turbines have shorter and wider curved blades that resemble the blades used in an electric mixer [5].

However, the wind speed continues to change over time, so power fluctuations occur. To overcome this, a threshold speed is determined at which the turbine begins to rotate, below which brakes are used to prevent

the blades from rotating. And at high wind speeds, brakes are applied to prevent damage to the turbine.

Motors and sensors are used to rotate the blades around their axis so that they can be adjusted according to the changing wind direction. And extract maximum power from the wind. The blades also rotate to stop the rotation of the turbine, which means that they are oriented in such a way that the lifting force will not be created even with the wind blowing [7].

Since wind farms have variable power generation due to fluctuations in wind speed during the day, a backup power supply plan must be developed to maintain a constant power supply. The weather forecast also plays an important role in determining the share of wind farm use in the next few days.

If humanity switches to using energy generated from alternative sources, then carbon dioxide emissions from traditional energy sources will be significantly reduced, and the problem of global warming will be solved in a few years. In addition, it is possible to preserve rapidly depleting traditional energy sources. Along with air pollution, the use of traditional energy resources also causes soil and water pollution, releasing various toxins into the ground and water. This can also be managed intelligently. The damage caused to the Earth after the industrial revolution is enormous, so it is necessary to take immediate measures to keep the planet stable for future generations [6].

Thus, the use of electric power resources in obtaining energy is quite relevant and highly efficient today. Wind energy is one of the most promising alternative energy sources. It will play an important role in the transition to energy and may become one of the most important sources of "green" energy for the future energy supply.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безруких П.П. Экономические проблемы нетрадиционной энергетики /Энергия: Экон., техн., экол. 1995. №8. С. 72-83.

2. Богуславский Э.И., Виссарионов В.И., Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Условия эффективности и комплексного использования геотермальной солнечной и ветровой энергии // Международный симпозиум "Топливо-энергетические ресурсы России и др. стран СНГ". Санкт-Петербург, 1995. С. 114-126.

3. Логинов В.Б., Новак Ю.И. Высокоэффективные ветроэнергетические установки / Проблемы машиностроения и автоматизации. 1995. №1. 22 с.

4. Селезнев И.С. Состояние и перспективы работ МКБ "Радуга" в области ветроэнергетики /Конверсия в машиностроении. 1995. №5. 17с.

5. Соболев Я.Г. "Ветроэнергетика" в условиях рынка / Энергия: Экон., техн. экол. 1995. №11. С. 132-137.

6. Шейдлин А.Е. Новая энергетика. - М.: Наука, 1987. 463 с.

7. Оценка величины вырабатываемой электроэнергии ветряными электростанциями в Белгородской области / В.В.Рычков, К.В.Вишнякова, Е.И.Солдатенкова, П.А.Трубаев // Энергетические, управляющие и информационные системы: Сб. докл. I межд. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ. 2016. С.132-138.

УДК 620.95

Молчанова Е.С.

Научный руководитель: Губарева В.В., доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ВЕТРА ВБЛИЗИ ВОДОСБРОСА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Что такое альтернативная энергетика? Альтернативная энергетика – это набор многообещающих методов получения энергии из возобновляемых источников, которые не так широко распространены, как традиционные. Однако они представляют интерес из-за преимуществ использования, которое имеет низкий риск нанесения вреда окружающей среде.

В качестве альтернативных источников энергии рассматривается любой источник энергии, который не загрязняет и не наносит вреда окружающей среде, а также может успешно заменить использование органического топлива.

Электричество является одним из самых универсальных источников энергии и повсеместно используется в наше время. Социально-экономические показатели общества в значительной степени зависят от использования электрической энергии. Ветер – это побочный продукт солнечной энергии, то есть 2% солнечной энергии превращается в ветер, он получается из-за разницы в давлении или в температуре среды. Среди всех видов альтернативных источников энергии использование ветряной является наиболее привлекательным вариантом, поскольку при нем не образуется углекислый газ [1].

Для генерации электроэнергии используют ветряные турбины (рис. 1). Генерируемая электроэнергия в основном зависит от скорости ветра и высоты установленной системы на поверхности. В основном

используют ветряную турбину с горизонтальной осью вращения из-за более высокой эффективности, простоты работы и максимального извлечения энергии из ветра.

Электричество может быть сгенерировано не только от ветра на открытой местности, но и ветряного потока, полученного при падении воды с большой высоты. Например, когда вода падает из водосброса, то оказывает давление на воздух, что приводит к появлению огромного количества ветра, из которого можно генерировать энергию [2].



Рис. 1 Схема устройства ветрогенератора

В Пакистане проводилось тематическое исследование на основе анализа двух различных плотин, одна из которых предназначена для выработки электроэнергии гидроэлектростанцией, а другая - для ее хранения, в то время как дополнительная энергия, вырабатываемая за счет ветра, используется для заполнения верхнего резервуара плотины.

Электроэнергия, вырабатываемая ветром, может быть интегрирована с электроэнергией, вырабатываемой гидроэлектростанцией, в результате чего получается гибридная ветро-гидроэнергетическая система. На данный момент гибридная ветроэнергетика рассматривается как экономически эффективное решение для производства чистой и "зеленой" энергии с минимальными требованиями к пространству системы [3].

Электроэнергия, вырабатываемая ветряными турбинами с помощью этого метода, может быть либо постоянного, либо переменного тока в зависимости от конструкции, требований и способа использования, например:

- для зарядки аккумуляторов станции;
- для возбуждения обмотки или синхронного гидро-электрогенератора, то есть действовать как отдельная система возбуждения;
- для подключения к национальной сети;
- для управления локальными нагрузками электростанции;
- для использования в качестве резервной энергии;
- для хранения электроэнергии внутри земли с помощью аккумуляторов;

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что производство и использование энергии ветра, создаваемой за счет падения воды, экономически выгодно. Поскольку такая ветровая энергия доступна практически в течении всего года, ветроэнергетическая система также может использоваться и в качестве электростанции с пиковой нагрузкой в случае резкого увеличения спроса на энергию.

Одним из наиболее важных этапов в производстве ветряных турбин является проектирование внешних характеристик ветряной турбины, включающих в себя количество лопастей, инерцию, механизм регулирования угла тангажа, механизм регулирования угла расщепления. Инерция ветряной турбины зависит от количества лопастей, плотности используемого материала и размеров лопастей ветряной турбины [4].

Скорость вращения лопасти ветряной турбины также играет важную роль в процессе проектирования, она в основном зависит от радиуса (длины лопасти), плотности воздуха, инерции и скорости ветра.

Ветряные турбины могут быть размещены вблизи водосброса таким образом, чтобы они улавливали максимальный ветер для выработки электроэнергии. Скорость ветра вблизи водосброса измеряли с помощью анемометра, расположенного на разных расстояниях и высотах. После расчета и детального анализа было

определено оптимальное расположение ветряных турбин. Они должны находиться на ровной местности и располагаться на расстоянии от 7 до 20 метров вблизи водосброса гидроэлектростанции. Ветряные турбины располагаются группами, между которыми расстояние от кончика одной до кончика другой лопасти должно быть 0,5 м. Оптимальный диаметр турбины 2 м.

Энергия, вырабатываемая ветром, может быть непосредственно введена в сеть с помощью инверторов, наряду с энергией, вырабатываемой гидроэлектростанцией. Чем больше величина скорости ветра, тем больше энергия, вырабатываемая ветряной турбиной, и большее количество энергии вводится в сеть [5].

Гидроэнергетика является одним из наиболее подходящих и гибких энергетических ресурсов при правильном использовании. Гидроэлектростанции обеспечивают более легкую интеграцию с другими источниками производства электроэнергии, такими как ветер. В предлагаемом методе, несмотря на наличие огромного потенциала гидроэнергетики, существуют ограничения в течение нескольких месяцев в году, из-за замерзания воды. В этом выдвигается идея гибридной генерации энергии с помощью энергии использования ветра, вызванного потоком воды на водосбросе крупной гидроэлектростанции во время сезона высокого стока [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безруких П.П. Экономические проблемы нетрадиционной энергетики // Энергия: Экон., техн., экол. 1995. №8. С. 72-83.
2. Логинов В.Б., Новак Ю.И. Высокоэффективные ветроэнергетические установки / Проблемы машиностроения и автоматизации. 1995. №1. 22 с.
3. Charlier R.H. Forty candles for the Rance River TPP tides provide renewable and sustainable power generation // Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 11, Is. 9, December 2007. Pp. 2032-2057.
4. Соболев Я.Г. "Ветроэнергетика" в условиях рынка / Энергия: Экон., техн. экол. 1995. №11. С. 132-137.
5. Марфенин Н.И., Малютин О.И., Пантюлин А.Н. и др. Влияние приливных электростанций на окружающую среду. М.: Изд-во МГУ, 1995. С. 39 - 43.
6. Оценка величины вырабатываемой электроэнергии ветряными электростанциями в Белгородской области / В.В.Рычков, К.В.Вишнякова, Е.И.Солдатенкова, П.А.Трубаев // Энергетические,

управляющие и информационные системы: Сб. докл. I межд. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С.132-138.

УДК 621.644.07

Назаренко Р.С., Драпак А.С., Ващенко Д.Д.
Научный руководитель: Васильченко Ю.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ГАЗОВЫЕ ГОРЕЛКИ С ПРЯМЫМ НАГРЕВОМ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Промышленные газовые горелки служат для преобразования энергии газа в технологическое тепло. При прямом нагреве тепло передается преимущественно путем конвекции на материал и на стенки печи. В данной статье описаны различные типы газовых горелок прямого действия, которые можно использовать в высокотемпературных установках; различия в дизайне и то, как они связаны со сложностью, стоимостью и эффективностью.

1) Технология газовых горелок

График, изображенный на (рис. 1), показывает эффективность сгорания (основанную на более низкой теплоте сгорания) как функцию температуры выхлопных газов перед теплообменником (если таковой существует для конкретного типа горелки). В случае горелки прямого действия она равна температуре печи [1].

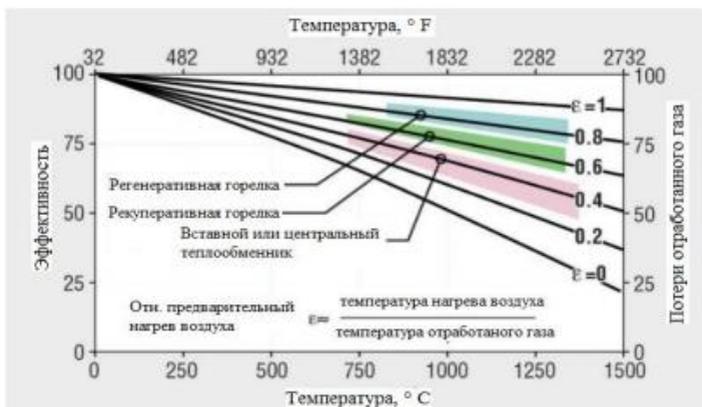


Рис. 1 График зависимости эффективности сгорания от температуры отработанного газа на выход

2) Горелка холодного воздуха

Кривая с обозначением $\varepsilon = 0$ представляет горелку холодного воздуха (т.е. без предварительного подогрева воздуха для горения). Как следует из названия, входящий в камеру сгорания воздух холодный (или примерно температуры окружающей среды). Этот тип горелки имеет очень простую конструкцию, которая обычно состоит из газовой трубы, газового сопла, воздушной трубы, воздушного диффузора или смесителя, камеры сгорания и, возможно, плиты горелки. При температуре 1288°C максимально возможный КПД для этого типа горелки составляет примерно 36 %. Хотя этот тип горелки обычно очень недорогой, он также очень неэффективен (особенно при температурах ковки). Горелка холодного воздуха показана на (рис. 2) [2].



Рис. 2 Горелка холодного воздуха

3) Горелка горячего воздуха

Кривая $\varepsilon = 0,4$ представляет горелку горячего воздуха. Воздух для горения предварительно нагревается с помощью теплообменника, прежде чем он достигнет камеры сгорания. Конструкция очень похожа на конструкцию горелки холодного воздуха, но некоторые из материалов могут быть более высокого качества, чтобы выдерживать более высокие температуры воздуха. В этом случае воздух для горения предварительно нагревается примерно до 40 % от температуры выхлопных газов на входе.

1. При стандартной температуре 1288°C этот тип горелки имеет КПД в диапазоне 50...55 %. Хотя такие горелки сами по себе являются довольно недорогими и более эффективными, чем горелка холодного воздуха, требуемый внешний теплообменник имеет тенденцию быть большим, сложным и дорогим. На (рис. 3) показана типовая установка горелки горячего воздуха с внешним теплообменником [3].

5) Регенеративная горелка

Кривая $\varepsilon = 0,8$ представляет регенеративную горелку. Горелки этого типа оснащены теплоаккумуляторами (керамические шарики, диски). Теплоаккумуляторы находятся в прямом контакте с горячими выхлопными газами или холодным воздухом для горения, в зависимости от точки в цикле регенерации. В первой половине цикла горячий выхлопной газ нагревает носитель до очень высокой температуры. Затем активируются переключающие клапаны, и путь потока меняется на противоположный, так что холодный воздух для горения теперь течет по теплоаккумулятору.

При таком расположении воздух для горения предварительно нагревается примерно до 80...85 % от температуры выхлопных газов на входе. При стандартной температуре 1288° С этот тип горелки имеет КПД в диапазоне 75...80 %. Традиционные регенеративные горелки работают парами: одна горелка горит, а другая гаснет, и наоборот.

Регенеративная горелка объединяет все регенераторы и переключающие клапаны в один автономный блок. Каждая горелка содержит шесть проходов, и каждый проход содержит ряд керамических сотовых дисков, которые служат в качестве носителя тепла. В любой момент цикла три канала являются выхлопными, а три других канала впускают воздух для горения. Примерно через 10 секунд переключающие клапаны переключаются, и путь потока меняется на противоположный.

Эта горелка обеспечивает максимальную топливную экономичность. Этот тип горелки, безусловно, более сложный и дорогой, чем другие типы, но экономия топлива может легко компенсировать эти недостатки (особенно при температурахковки). На (рис. 5) показано поперечное сечение регенеративной горелки [5].

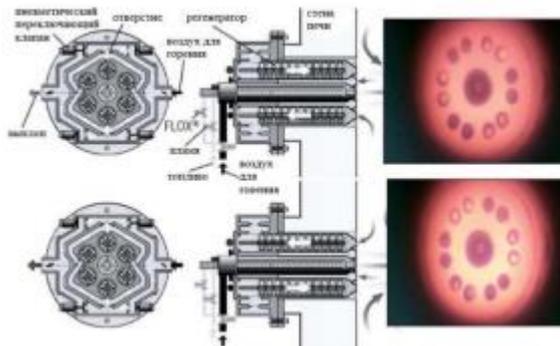


Рис. 5 Регенеративная горелка

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Joachim G.W., Ambrogio M. Handbook of Burner Technology for Industrial Furnaces, 2nd Edition // Vulkan Verlag. 2015. 400 с.
2. Губарев А.В., Кулешов М.И. Варианты компоновки радиационной части конденсационного водогрейного котла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2011. № 4. С. 182-184.
3. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В., Трубаев П.А., Погонин А.А., Мочалин А.А., Фейгельман М.О. Стенд и некоторые результаты испытаний топливосберегающего конденсационного водогрейного котла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 182-184.
4. Ядченко Д.С. Опыт использования рекуперативных горелочных устройств в печах периодического действия для термообработки заготовок в СПЦ-2 ОАО «БМЗ - управляющая компания холдинга «БМК» // Литьё и металлургия. 2017. №4 (89). С. 32-36.
5. Бирюков А.Б., Гнитиёв П.А., Власов Я.С. Методика прогнозирования теплотехнической эффективности использования рекуперативных горелок // Вестник ИГЭУ. 2018. № 1. С. 13-19.

УДК 662.997

*Назаренко Р.С., Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю.
Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ КОНТУРОВ

Тепловые насосы (теплонасосные установки) позволяют нагревать воду для отопления и горячего водоснабжения путем отбора теплоты из окружающей среды или от низкотемпературных бытовых и промышленных отходов. Они не производят тепловую энергию, а за счет использования внешней работы переносят теплоту от теплоносителя, называемого низкопотенциальным, к теплоносителю, применяемому для отопления и горячего водоснабжения, называемого высокопотенциальным [1].

При проектировании системы теплоснабжения с использованием теплового насоса необходимо учитывать следующее условие: масса низкотемпературного источника теплоты должна быть больше, чем

масса нагреваемого тела. Это позволит не переохлаждать низкотемпературный источник и выдержать требуемую разность температур [2].

Геотермальные тепловые насосы представляют собой высокоэффективную технологию использования возобновляемых источников энергии для отопления и охлаждения помещений (рис. 1).

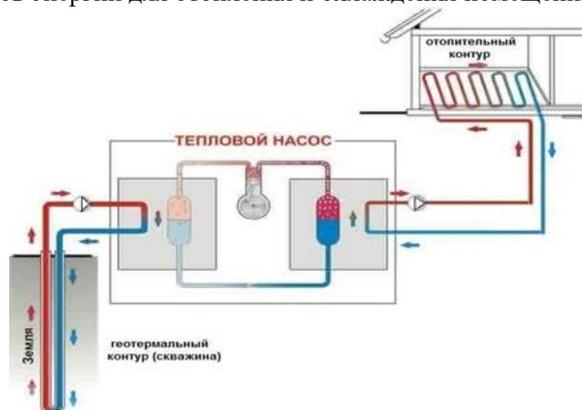


Рис. 1 Схематическое изображение геотермального теплового насоса

Эта технология основана на том факте, что на глубине Земля имеет относительно постоянную температуру, теплее воздуха зимой и прохладнее воздуха летом. Геотермальный тепловой насос может передавать тепло, накопленное землёй, в здание зимой и передавать тепло из здания летом. Для успешного применения геотермальных тепловых насосов не требуются особые геологические условия, такие, как горячие источники. Наземные тепловые насосы вызывают все больший интерес из-за их способности снижать потребление первичной энергии и, таким образом, сокращать выбросы парниковых газов, что сокращает техногенную нагрузку на окружающую среду [3].

Можно различить два вида расположения геотермального контура:

- 1) горизонтальный геотермальный контур (рис.2);
- 2) вертикальный геотермальный контур.

Для устройства горизонтального геотермального поля требуется большая площадь, на всей этой площади приходится снимать грунт на 30-50 см ниже точки промерзания грунта. На практике это 1,5...2 метра, в зависимости от региона.



Рис. 2 Горизонтальный геотермальный контур

Необходимая площадь зависит от потребности в тепле и типа грунта: в одних можно забрать 30 Вт с одного метра, в других 60...75 Вт. Самые значительные запасы энергии есть во влажных грунтах с близко расположенными грунтовыми водами.

Типовые виды теплоотдачи видов почвы при горизонтальной укладке трубопровода представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Типовые виды теплоотдачи видов почвы при горизонтальной укладке трубопровода

Свойства почвы	Удельная теплоотдача, Вт/м ²
Связный грунт с остаточной влажностью	30
Несвязный сухой грунт	10
Связный влажный грунт	20...30
Водонасыщенный песок, щебень	40

Для уменьшения занимаемой площади можно использовать спиральную укладку - контур из труб выкладывается не в один слой, а спиралями, которые находят одна на другую (рис. 3). При такой укладке требуются значительно меньшие площади, для достижения аналогичных значений.



Рис. 3 Горизонтальный геотермальный контур, уложенный спиралями

Недостатки горизонтального поля:

- большой объем земляных работ;
- летом режим пассивного охлаждения недоступен;
- постепенное понижение температуры;
- после завершения укладки труб нельзя сразу приступать к земельным работам, так как необходимо дождаться усадки грунта.

Однако пространство бывает не редко ограничено, в таком случае используют вертикальные скважины (рис. 4).



Рис. 4 Вертикальный геотермальный контур

Ниже 20 метров от поверхности температура грунта повышается. На этой глубине она вне зависимости от погоды и времени года всегда стабильна: от 10°C и выше (в зависимости от региона). Для того чтобы добраться до этого тепла бурят скважины для тепловых насосов. Они обычно дают больше тепла, потому что требуется не такое значительное их количество. Однако количество энергии, которую можно добыть с помощью вертикального контура, сильно зависит от типа грунта (см. таблица 2).

Таблица 2 – Типовые виды теплоотдачи видов почвы при вертикальной укладке трубопровода

Разновидность почвы	Теплоотдача, Вт/м
Сухие отложения	25
Водонасыщенные отложения	60
Среднее значение отложений	50
Щебень с сухим песком	≤ 25
Щебень с водоносным песком, песчаник	65...80
Глина, влажный суглинок	35...50
Известняк	55...70
Гранит, гнейс	65...85
Базальт	40...65

Меньше всего дают песчаные почвы: 30 Вт/м, много энергии содержится в граните — до 75 Вт/м. Потому очень может разниться и длина требуемой скважины.

Бурение скважин — финансово затратное мероприятие, особенно на большие глубины. Однако не обязательно делать одну скважину — можно пробурить несколько на меньшую глубину, важно только чтобы суммарная их протяженность совпадала с расчётной. В таком случае под геотермальное поле будет необходим участок меньшей площадью. К тому же требуется организовать коллектор для сбора потоков от всех зондов (прокладка труб от одной скважины к другой ниже уровня промерзания).

Вертикальный зонд — скважина приличной глубины. Но такое бурение очень дорого, так что можно сделать некоторое количество более коротких скважин.

К недостаткам вертикальных зондов относят высокую стоимость бурения и значительные площади под геотермальное поле (необходимо учесть расстояние между контурами).

Срок окупаемости длительный, но за большой период времени, геотермальная установка покажет все свои плюсы и докажет свою экономичность на практике. Стоит обратить внимание и на финансовый аспект. Установка геотермального оборудования стоит дороже, нежели монтаж газового, электрического или дизельного котла либо центральной системы кондиционирования. Однако тепловой насос потребляет меньше энергии, а стало быть, экономит существенные средства в процессе эксплуатации [4,5,6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубаев П.А., Гришко Б.М. Тепловые насосы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности. Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. 142 с.

2. Ильина, Т.Н., Мухамедов Р.Ю., Верёвкин О.В. Перспективы использования тепловых насосов в системах отопления малоэтажных жилых домов Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 158-162.

3. Гошовский С.В., Зурьян А.В. Снижение техногенной нагрузки при использовании теплонасосных систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 8. С. 102-107.

4. Райх, В. Геотермальные тепловые насосы // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2011. № 1(109). С. 80-83.

5. Каркин М.А., Кулаков В.Ю., Селюнин А.А. Геотермальная энергия // Научные труды студентов Ижевского ГСХА. Вып. 1 (1). Ижевск: Ижевская ГСХА, 2015. С. 52-54. 6. Нагорных А.В., Губарев А.В. Перспективы развития геотермальной энергетики// Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. С. 4418-4421

УДК 662.951.2

*Назаренко Р.С., Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю.
Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ГОРЕЛОК

Традиционно существовал компромисс между эффективностью сгорания и выбросами NO_x . Для достижения высокого КПД необходимо предварительно нагреть воздух для горения до высоких температур. Эти высокие температуры предварительного нагрева воздуха для горения приводят к высоким пиковым температурам пламени, которые являются основной движущей силой образования NO_x . Выбросы NO_x являются экспоненциальной функцией максимальной температуры пламени, поэтому они имеют тенденцию быстро увеличиваться с увеличением температуры печи и повышением температуры предварительного нагрева воздуха для горения. Существует ряд методов, помогающих бороться с этой проблемой.

Один из таких приемов известен как воздушная постанковка. При использовании этого метода часть воздуха для горения смешивается со всем топливом, чтобы вызвать частичную реакцию и высвободить некоторое количество тепла. Затем немного ниже по потоку вводят остальной воздух для горения, чтобы завершить реакцию и высвободить еще немного тепла. Таким образом, реакция распространяется, а не концентрируется в одной точке. Это помогает снизить пиковую температуру пламени и тем самым уменьшить выбросы NO_x .

Высокоскоростное горение также служит методом снижения выбросов NO_x . Тщательное перемешивание выхлопных газов внутри печи или радиационной трубы имеет эффект усреднения температуры.

Следовательно, пиковые температуры пламени снижаются, и соответственно сокращаются выбросы NO_x .

Рециркуляция дымовых газов также может служить методом снижения выбросов NO_x . Выхлопные газы очень горячие, но не такие горячие, как пламя. Таким образом, втягивание части инертных выхлопных газов обратно в фронт пламени фактически производит охлаждающий эффект. Этот эффект способствует снижению пиковых температур пламени и, следовательно, выбросов NO_x .

Все эти методы достаточно эффективны в обычных условиях. Однако, когда температуры предварительного нагрева воздуха для горения достигают очень высоких уровней, как в случае использования рекуперативных или регенеративных горелок, методов часто бывает недостаточно для снижения выбросов NO_x до приемлемых уровней. Эта проблема, конечно, становится еще более актуальной для печей, работающих при очень высоких температурах [6].

Для решения этой проблемы была разработана революционная технология сжигания. Эта технология известна как сжигание FLOX® или беспламенное окисление [1, 2]. С помощью этой специальной технологии топливо и воздух смешиваются с рециркулирующими выхлопными газами, и происходит реакция самовозгорания, при которой не возникает видимого пламени. Исключая пламя из реакции горения, пиковые температуры резко снижаются. Это сокращает выбросы NO_x до доли уровня, достижимого с помощью традиционных методов снижения выбросов NO_x .

Этот процесс происходит только при температуре, превышающей температуру самовоспламенения, и требуется некоторый запас прочности [7]. Температура перехода FLOX обычно устанавливается на уровне 850°C . Ниже этой температуры горелка работает в обычном режиме горения с пламенем. Как только достигается температура перехода FLOX, газ впрыскивается таким образом, который обеспечивает более благоприятную картину смешивания/рециркуляции и предотвращает образование и прилипание пламени. Если температура упадет ниже 850°C , горелка автоматически перейдет в режим «пламя».

Экономика высокоэффективных газовых горелок

Инвестиции в высокоэффективные газовые горелки имеют экономический смысл даже при низких ценах на газ, особенно при высоких рабочих температурах. Например, предположим, что кузнечная печь, работающая при температуре 1288°C , имеет потребность в чистом вводе в размере 1 ММВт/час. Если используются горелки с холодным воздухом, общая потребляемая мощность составляет примерно 2,8 млн БТЕ/час. Если выбраны горелки с горячим

воздухом, общая потребляемая мощность снижается примерно до 2 ММВт/час [3].

Выбрав самовосстанавливающиеся горелки, общая потребляемая мощность может быть снижена до 1,5 млн БТЕ/час. Наконец, за счет использования (самовосстанавливающихся) горелок потребляемая мощность снижается примерно до 1,3 ММВт/час. Предполагая, что стоимость природного газа составляет 3 доллара США за кубический фут, годовой рабочий цикл составляет 8000 часов в год и средний коэффициент нагрузки горелки составляет 70 %, расчетная годовая экономия затрат на топливо достигается за счет выбора регенеративной системы горелки вместо холодного. система воздушной горелки стоит примерно 25000 долларов. Эта экономия может окупить дополнительную стоимость рекуперативной системы горелки менее чем за два года [4, 5].

Существует множество типов горелок для высокотемпературных применений с разным уровнем сложности, стоимости и эффективности. Большинство высокоэффективных газовых горелок предварительно нагревают воздух для горения для повышения эффективности сгорания. Традиционно существует компромисс между эффективностью и выбросами NO_x . Однако сжигание FLOX® позволяет получить лучшее из обоих миров.

Как было продемонстрировано, инвестиции в высокоэффективные газовые горелки имеют экономический смысл даже при низких ценах на газ. Наш экономический анализ простого примера ясно показывает, что чем выше рабочая температура печи, тем важнее рассмотреть вопрос об инвестициях в технологию экономии топлива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Joachim G.W., Ambrogio M. Handbook of Burner Technology for Industrial Furnaces, 2nd Edition. Vulkan Verlag, 2015. 400 p.
2. Губарев А.В., Кулешов М.И. Варианты компоновки радиационной части конденсационного водогрейного котла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2011. № 4. С. 182-184.
3. Бирюков А.Б., Гнитиёв П.А., Власов Я.С. Методика прогнозирования теплотехнической эффективности использования рекуперативных горелок // Вестник ИГЭУ. 2018. №1. С. 13-19.
4. Wüning J.G. Flameless Oxidation // 6th HiTACG Symposium. Essen, Germany. 2005. 13 p.
5. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В., Трубаев П.А., Погонин А.А., Мочалин А.А., Фейгельман М.О. Стенд и некоторые

результаты испытаний топливосберегающего конденсационного водогрейного котла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 182-184.

6. Кузнецов В.А., Трубаев П.А. Возможности и проблемы математического моделирования теплотехнологических процессов // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 54-61.

7. Кузнецов В.А., Трубаев П.А. Уточнение диффузионной модели переноса излучения в ослабляющей среде // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 51-60.

УДК 621.644.07

Назаренко Р.С., Драпак А.С., Ващенко Д.Д.

Научный руководитель: Васильченко Ю.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛООВОГО КПД КОТЕЛЬНОЙ

Повышение теплового КПД котельной – актуальная задача научно-технических исследований. Одним из важнейших мероприятий по повышению КПД котельной является правильный выбор мощности и количества котлов проектируемого источника теплоснабжения. Оптимизация режима работы котла – комплекс задач, который определяется по наиболее вероятной средней нагрузке котла, времени работы и характеристикам вспомогательного оборудования [1].

Цель работы – определение способов повышения термодинамической эффективности котельной установки с газотрубным котлом. В ходе исследования решаются задачи: расчет потребности в тепле и топливе, эксергетический анализ оборудования котельной и тепловых сетей, определение гидравлических потерь и эксергетических потерь за счет ограничения. Научная новизна работы - применение современных методов эксергетического анализа к новому объекту исследования – газотрубным котлам и котельным, оборудованным этими котлами. Новинка работы – уточнение и дополнение известных данных об объекте и теме исследования.

Для определения количества котлов, установленных в котельной, проанализированы варианты установки котлов различной мощности. Анализ проводился с помощью разработанного программного комплекса, позволяющего рассчитать технико-экономические характеристики котельной. Входными параметрами являются энергия топлива и воздуха и эксергия, выходными параметрами - энергия и

эксергия теплоносителя. Выявление эксергетического разрушения позволяет найти пути увеличения теплового КПД. Первые предложения об использовании эксергии для экономической оценки эффективности были предложены А. Андрищенко [2,3], З. Рэнтом [4], Дж. Шаргумом [5]. Влияние температуры горения воздуха и избытка воздуха, влияние возобновления тепловых потерь в парогенераторе и влияние температуры дымовых стоков на разрушение эксергии в камере сгорания, парогенераторе и воронке можно моделировать с помощью современных программных продуктов [6].

Расчеты показали, что тепловой КПД, эксергетический КПД и энергия котла составляют соответственно 74,16 %, 31,55 % и 0,43 %. Тепловой КПД достаточно низкий из-за чрезмерных потерь в теплоносителе и парогенератора, так же как и показатель сохранения низкого качества из-за очень низкого отношения эксергия/энергия теплоносителя, которое не превышает 0,5. Установлено, что дымовые потоки содержат 22,59 % энергии топлива из-за высокой температуры на выходе из котла, хотя только часть этих потерь может быть восстановлена [1]. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Исходные данные для экономической оценки эксплуатации.

Параметр	Единица измерения	Значение
Природный газ	руб/м ³	от 4,12 до 7,29
Стоимость единицы энергии	руб/кДж	0,0003
Стоимость блока эксергии	руб/кДж	0,0003
Электричество	руб/(кВт·ч)	4,5
Часы работы	тыс часов/год	8

Было установлено, что потери с теплотой дымовых газов, которые являются основным источником потерь энергии и приводят к 82,3 % общих тепловых потерь из-за очень высокой температуры дымовых газов в воронке, составляют только 8,7 % от общего разрушения эксергии.

В этой работе были оценены эксплуатационные расходы во время эксплуатации котельной и определены аспекты экономии эксергии топлива, такие как стоимость топлива, стоимость подготовки котловой воды, стоимость откачки котельной воды и стоимость подачи воздуха для сжигания. Проведен теплоэкономический анализ газотрубного котла с учетом текущих и оптимальных эксплуатационных затрат. Установлено, что тепловая и эксергетическая эффективность

исследуемого котла не оптимальна из-за чрезмерных потерь в камере сгорания, парогенераторе и воронке. Эксплуатационные расходы также были высокими из-за быстрого разрушения эксергии. Подход собственно стоимости, соответствующей текущей эксплуатации котла, и предельной стоимости, соответствующей оптимальной эксплуатации, приводит к экономии в годовом исчислении в размере 5561214 руб. Также моделирование показало, что оптимальные значения температуры воздуха горения, избыточного воздуха и температуры дымовых стоков составляют соответственно 135 °С, 10 % и 150 °С. Оптимизация температуры воздуха горения, избытка воздуха, рекуперации в конвекционных поверхностях нагрева и температуры дымовых газов была произведена для повышения КПД котла.

Результатом параметрической оптимизации стало снижение требуемой эксергии топлива при работе котла (5648,2 кВт) на 10,66 % по сравнению с исходным состоянием (6322,3 кВт). Потери с термодинамической необратимостью также снизились на 3,9 % и 1,3 % в камере сгорания и воронке соответственно.

Сравнение исследованных и оптимизированных котлов представлено в табл. 2. Оптимизация позволяет увеличить тепловой КПД на 4,91 %, что приводит к увеличению КПД эксергии на 3,62 %, экономия затрат на топливо и электроэнергию составляет 10,66 % и 10,9 % соответственно. Таким образом, экономия в годовом исчислении составляет 5561214 рублей, что соответствует увеличению чистой эффективности на 11,8 %.

Таблица 2 – Параметрическая оптимизация на основе термоэкономической теории.

Параметр	Единица измерения	До оптимизации	После оптимизации
Эффективность	%	74,16	77,78
Эксергетическая эффективность	%	31,55	36,25
Расходы на топливо	млн руб/Гкал	790,76	706,61
Стоимость подготовки котловой воды	руб/Гкал	302,064	302,064
Стоимость перекачки котловой воды	руб/Гкал	8,9	8,9
Стоимость подачи воздуха	руб/Гкал	23,89	20,17
Итого	руб/Гкал	1125,72	1037,80

Установлено, что разрушение эксергии можно снизить на 2,39 % за счет уменьшения избытка воздуха до 10 %. Кроме того, скорость разрушения эксергии может быть снижена за счет обогащения воздуха кислородом. Парогенератор имеет низкую передачу энергии конечному продукту из-за очень низкого отношения эксергии теплоносителя к энергии. Следовательно, только небольшая часть эксергетического разрушения может быть удалена. Установлено, что процессы отложения углерода со стороны пламени и процессы образования накипи со стороны воды являются причиной потерь тепловой энергии до 4,58 % на газотрубном котле. При этом потери эксергии могут быть уменьшены на 2,31 % за счет снижения температуры дымовых газов до 148 °С. Дальнейшее снижение температуры дымовых газов не допускается; потому что это приводит к низкотемпературной коррозии труб котла и футеровки воронок. Моделирование показывает, что эксергетическое разрушение парогенератора может быть дополнительно уменьшено за счет очистки и надлежащего обслуживания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В., Трубаев П.А., Погонин А.А., Мочалин А.А., Фейгельман М.О. Стенд и некоторые результаты испытаний топливосберегающего конденсационного водогрейного котла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 182-184.
2. Андрущенко А.И. Техническая работоспособность термодинамических систем. Саратов: САДИ, 1956. 67 с.
3. Андрущенко А.И. Термодинамические расчеты оптимальных параметров тепловых электростанций. М.: Госэнергоиздат, 1963. 230 с.
4. Z. Rant, Exergiediagramme, für Verbrennungsgase // BWK. 1960, vol. 12, №7, p. 297–301.
5. J. Szargut, Bilans eksergetyczny procesow cieplnych // Energetyka Przemyslowa. 1961, vol. 9, №3, pp. 73–79.
6. Тарасюк П.Н., Ващенко Д.А., Трубаев П.А., Радченко В.В. Анализ термического сопротивления ограждающих конструкций различного типа по результатам инструментальных измерений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 142-147.

*Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д.
Научный руководитель: Васильченко Ю.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТРУБОПРОВОДА

В наше время надобность в теплоносителе, транспортируемом трубопроводом, нельзя не учитывать, также, как и необходимость сокращения тепловых потерь теплоносителя. Ещё давно, для этих целей, было принято решение о теплоизоляции трубопроводов. С течением времени разрабатываются новые технологические решения, изготавливаются теплоизоляционные материалы, направленные на решение поставленной задачи.

Один из вариантов уменьшения тепловых потерь состоит в использовании эффективных теплоизоляционных материалов, следовательно, производство качественных теплоизоляционных материалов является одной из важнейших задач. На сегодняшний день рынок теплоизоляционных материалов представлен достаточно широким выбором продукции, из которой мы рассмотрим следующие виды:

- пеностекло;
- жидкое теплоизоляционное покрытие;
- пенополиуретан;
- аэрогель.

Производство качественных теплоизоляционных материалов является одной из важнейших задач промышленности строительных материалов. Достаточно перспективным теплоизоляционным материалом является пеностекло, которое по ряду свойств превосходит большинство существующих материалов (пенобетоны, пенополистеролы, минераловатные изделия и т.п.), но главный недостаток, который отмечают многие проектировщики – это его высокая стоимость.

Основным способом получения пеностекла является порошковый. Пеностекло производят на основе стеклобоя или стеклогранулята определенного химического состава, стоимость которого, и высокие энергетические затраты вместе, составляют основные затраты при изготовлении пеностекла. В целом стабильность механических и теплофизических свойств в широком диапазоне температур и

влажности обеспечивает высокую эффективность теплоизоляции из пеностекла в течение практически неограниченного срока эксплуатации. Кроме того, пеностекло обладает комплексом других полезных свойств: пожаробезопасностью и огнестойкостью, экологической безопасностью в любых условиях эксплуатации, высокой химической стойкостью, устойчивостью к воздействию гнили, микроорганизмов, насекомых и грызунов. В промышленности пеностекло применяется для теплоизоляции трубопроводов, различных теплообменников и технологического оборудования. Однако при таком уникальном комплексе свойств использование и производство пеностекла в России до сих пор остается весьма ограниченным. Одной из причин этого является более высокая себестоимость пеностекла по сравнению с другими теплоизоляционными материалами, применяемыми в строительной индустрии [1,2]. Теплоизоляционный материал из пеностекла различных форм и размеров представлен на рис.1.



Рис. 1 Теплоизоляционный материал пеностекло

Теплоизоляция из пеностекла обладает рядом достоинств, включая высокий показатель прочности на сжатие, низкую теплопроводность, стойкость к воздействию кислот и щелочей, водонепроницаемость, а также возможность эксплуатации в температурном диапазоне от -200 до +460 градусов Цельсия. Недостатками пеностекла являются внушительная стоимость, значительный вес теплоизоляции и малая ударная прочность.

Относительно недавно стали появляться жидкие теплоизоляционные покрытия (ЖТП), представляющие собой суспензию полимерного связующего, функциональных добавок, пигментов и тонкодисперсных порошков с низким значением коэффициента теплопроводности [3].

Жидкое теплоизоляционное покрытие (ЖТП) – это покрытие, внешне напоминающая краску (рис. 2). Благодаря тому, что материалы имеют жидкую консистенцию, их можно наносить на поверхности любых форм и составов. Данное теплоизоляционное покрытие, уже при толщине слоя в 1 мм, оказывает существенный теплоизоляционный эффект, по своей эффективности сравнимый с применением слоя классической теплоизоляции толщиной 50 мм.



Рис. 2 Теплоизоляционный материал ЖТП

При производстве ЖТП многие производители, стремясь достигнуть максимально низких значений теплопроводности, в качестве наполнителей используют исключительно полые стеклянные или керамические микросферы, содержание которых может составлять 80 % от общего объема. При этом роль связующего в целях дополнительного снижения теплопроводности составов практически не учитывается. [4]

К достоинствам ЖТП относят отсутствие токсинов и вредных соединений в составе; возможность обработки поверхностей при минусовых температурах, отсутствие нагрузки на конструкции, возможность теплоизоляции поверхностей сложной конфигурации и широкий температурный диапазон использования – от -60 до +350 градусов Цельсия. Однако при нарушении правил хранения и транспортировки смеси, возможна потеря заявленных качеств. Ввиду небольшой толщины защитная поверхность менее устойчива к

повреждениям, чем более толстые изолирующие материалы, поэтому со временем изоляция может шелушиться и отслаиваться.

Трубы из пенополиуретана (ППУ), благодаря своей конструкции, гарантируют значительное снижение теплопотерь, долговечность и безаварийную работу теплосети, в которой будет происходить непрерывное циркулирование теплоносителя между потребителем и источником тепла.

Обычно, в условиях плотной городской застройки теплопроводы прокладываются под землей, но иногда возникает необходимость надземной прокладки теплопровода – на эстакадах или на опорах. Для каждого из этих вариантов существует свой тип защитной оболочки для трубы ППУ. Для бесканальной подземной прокладки используются трубы ППУ в полиэтиленовой оболочке, для надземной – в оцинкованной. Защитная оболочка эффективно защищает пенополиуретановый слой от механических повреждений и негативного воздействия окружающей среды (рис. 3) [5].



Рис. 3 Теплоизоляционный материал из ППУ

Достоинства материалов из ППУ: низкий коэффициент теплопроводности, невысокая плотность и масса, отсутствие необходимости в дополнительной антикоррозийной обработке труб. Недостатки: невысокая термостойкость, низкая механическая стойкость, очень низкая ремонтпригодность, высокая стоимость.

Одним из перспективных разработок в области нанотехнологий является аэрогель – класс материалов, представляющий собой гель, в котором отсутствует жидкая фаза, полностью замещенная газообразной, вследствие чего вещество обладает рекордно низкой плотностью, всего в полтора раза превосходящей плотность воздуха, и рядом других уникальных качеств: твердостью, прозрачностью, жаропрочностью и т.д. Аэрогель удивителен еще и тем, что на 99,8 % состоит из воздуха.

Создателем аэрогеля считается химик Стивен Кистлер, он заменил жидкость в геле на метанол, а потом нагревал гель под давлением до достижения критической температуры метанола (240 °С). Метанол, уходя из геля, не уменьшался в объёме; соответственно, и гель «высыхал», почти не ужимаясь. Это достаточно прочный материал – он способен выдержать нагрузку в 2000 раз больше собственного веса. Уникальные свойства объясняются его не менее уникальной внутренней структурой. Аэрогель представляет собой трехмерный кластер с размером элементов около 4 нм и характерным размером поры 10 нм. Таким образом, макроскопически аэрогель представляется сплошным однородным веществом, что выгодно отличает его от таких пористых сред, как различные пены. Благодаря своей однородности он не подвержен деструкции под влиянием факторов, присущих пенополистиролу. Поскольку размер неоднородностей в аэрогеле много меньше длины волны видимого света, аэрогель прозрачен [6].



Рис. 4. Теплоизоляционный материал из аэрогеля

Помимо легкого веса из достоинств аэрогеля отмечают огнестойкость, безопасность для человека, эффективность при ремонте и простота монтажа. Применение аэрогеля не приводит к образованию коррозии под изоляцией. Недостаток: не выдерживает открытой кислородной среды.

Сравнительные характеристики перечисленных видов теплоизоляционных материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики теплоизоляционных материалов

Характеристика	Теплоизоляционный материал			
	Пеностекло	ЖТП	ППУ	Аэрогель
Плотность, кг/м ³	100...600	250...600	40...70	1...150
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С	0,04...0,08	0,04...0,08	0,03...0,37	0,015
Стабильность размеров	Отличная	Отличная	Изменяет размеры	Дает усадку
Температура эксплуатации	от -260 до 500°С	до 600°С	Верхний предел 180°С (при нагревании выделяет вредные вещества)	При нагревании свыше 1000 °С начинается процесс плавления
Водопоглощение	0...5% от объема за счет накопления влаги в разрушенных ячейках поверхностного слоя	Высокое. Зависит от срока пребывания материала в контакте с жидкостью	Зависит от плотности материала и срока пребывания в контакте с жидкостью	Отсутствует
Огнестойкость конструкций с применением материала	Огнестоек	Огнестоек	Огнестойкости нет	Огнестоек
Особенности эксплуатации и разрушение от времени	Время эксплуатации и не ограничено	В сухом состоянии время эксплуатации и не ограничено	Присутствует естественная деструкция. Через 15-20 лет наблюдается нарушение структуры	Около 50 лет

Применение теплоизоляционного материала значительно снижает теплотери теплоносителя в трубопроводе. Необходимо выбирать тот теплоизоляционный материал, обращая своё внимание на все преимущества и недостатки, который более всего подходит под условия, в данной, конкретной, ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пучка О.В., Сергеев С.В., Вайсера С.С., Калашников Н.В. Высокоэффективные теплоизоляционные материалы на основе техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 51-55.
2. Осипов, А.Н. Энергоэффективный, пожаробезопасный теплоизоляционный материал – пеностекло // Кровельные и изоляционные материалы. 2013. № 2. С. 17-18.
3. Низина Т.А., Селяев В.П., Инин А.Е. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности жидкой теплоизоляции с учетом количества слоев и толщины покрытий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 6-11.
4. Низина, Т.А., Инин А.Е. Энергоэффективные жидкие теплоизоляционные покрытия на основе полых микросфер и тонкодисперсных минеральных наполнителей // Региональная архитектура и строительство. 2015. № 4(25). С. 33-41.
5. Быков, М.А., Федюнина Т.В. Теплоизоляция трубопроводов // Проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Мат-лы VIII Нац. конф. с межд. уч. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2018. С. 78-80.
6. Якубовский, Ю.Е., Лобач И.А. Использование аэрогеля в качестве теплоизоляционного материала магистральных трубопроводов // Проблемы функционирования систем транспорта: Мат-лы Межд. научно-практ. конф. Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2010. С. 379-380.

УДК 621.43.016

*Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д.
Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

На здания приходится значительная доля потребления энергии во всем мире. В местах с преобладающими жаркими климатическими условиями большая часть этой энергии обычно используется для

строительства систем кондиционирования и вентиляции. Количество энергии, используемой в процессе кондиционирования воздуха, напрямую связано с тепловой нагрузкой здания.

В суровых климатических условиях значительная часть энергии идет на кондиционирование зданий. Эту нагрузку на кондиционирование воздуха можно уменьшить многими способами. Среди них следует отметить правильный дизайн и выбор ограждающей конструкции и ее компонентов. Использование теплоизоляции в стенах и крыше зданий не только способствует уменьшению требуемого размера системы кондиционирования воздуха, но и сокращает годовые затраты на электроэнергию [1]. Кроме того, он помогает продлить периоды теплового комфорта без использования механического кондиционирования воздуха, особенно в межсезонье. Следовательно, правильное использование теплоизоляции в зданиях повышает тепловой комфорт при меньших эксплуатационных расходах. Однако величина экономии энергии в результате использования теплоизоляции зависит от типа здания, климатических условий, в которых оно находится, а также от типа, толщины и расположения используемого изоляционного материала. Теперь вопрос заключается не в том, следует ли использовать изоляцию, а в том, какого типа и в каком количестве.

Теплопередача за счет теплопроводности через стены и крыши представляет собой основной компонент общей тепловой нагрузки зданий. Эффективное использование теплоизоляции может привести к значительному снижению тепловых нагрузок и, как следствие, снижению общих потребностей здания в энергии.

В жарком климате, например, в Совете сотрудничества стран Персидского залива (ССАГПЗ), правила были адаптированы для использования теплоизоляции в зданиях, которые устанавливают минимальные уровни теплового сопротивления $1,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ и $1,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ для стен и крыш соответственно. Тем не менее, большинство зданий в регионе плохо изолированы из-за отсутствия соблюдения таких правил и других стандартов со стороны регулирующих органов, а также из-за недостаточной оценки достигнутой экономии энергии и экономических выгод со стороны пользователя. Следовательно, здания потребляют больше энергии, чем необходимо для их работы. Сравнение среднего энергопотребления квартиры в Даммаме в Саудовской Аравии с аналогичной квартирой в Аризоне в США, например, показывает, что квартира в Саудовской Аравии потребляет вдвое больше энергии, чем квартира в Аризоне. Эта огромная разница, несмотря на возможные вариации в работе и возможные различия в климате, свидетельствует о ненормальном использовании энергии и большом потенциале экономии

энергии. Однако следует отметить, что это существенное различие в использовании энергии связано не только с использованием теплоизоляции, но и с другими мерами по энергосбережению, включая повышенный уровень герметичности здания. Тем не менее, теплоизоляция является основным фактором энергоэффективности, особенно в зданиях с плотной обшивкой.

Было проведено множество исследований по энергосбережению в зданиях. Например, параметрический анализ энергии отдельно стоящего дома на одну семью в жарком влажном климате Дахрана, Саудовская Аравия, был проведен с использованием программы DOE 2.1 [2]. Исследование показало потенциал для снижения энергопотребления в жилых зданиях при правильном проектировании и эксплуатации. Параметры, которые имеют наибольшее влияние, - это площадь остекления, уровень инфильтрации, стены и конструкция крыши в дополнение к поведенческим параметрам настроек термостата. По результатам исследования было сообщено о сокращении до 38 % от общего годового энергопотребления, учитывая совокупный эффект анализируемых параметров.

Были проведены другие исследования оптимального теплового дизайна оболочки жилых и офисных зданий в жарком и влажно-жарком климате Саудовской Аравии [3]. Ежегодная экономия энергии в размере 37 и 28 % была достигнута за счет оптимизации небольшого двухэтажного жилого дома в двух климатических условиях – Эр-Рияде и Джидде соответственно. Различная годовая экономия энергии была достигнута за счет оптимизации тепловой конструкции оболочки больших, средних и малых офисных зданий в двух климатических условиях. Целых 15, 19 и 40 % экономии энергии были достигнуты для трех размеров офисов в Эр-Рияде, соответственно, по сравнению с примерно 8, 12 и 24 % для того же типа офиса в Джидде [3].

В последнее время люди все больше осознают необходимость экономии энергии, главным образом, из-за повышения осведомленности и более широкого осознания долгосрочных выгод. В результате были сформулированы правила использования теплоизоляции в зданиях, которые применяются при строительстве новых зданий во многих странах региона. Ожидается, что в ближайшем будущем тенденция к использованию теплоизоляции и других мер по энергосбережению будет более решительно преследоваться, поскольку энергия становится более ценной, а спрос на нее возрастает. В ответ на неизбежный будущий спрос на теплоизоляцию, соответствующие местные отрасли промышленности существенно выросли за последние несколько лет. В Саудовской Аравии, например, более 20 крупных

заводов в настоящее время производят различные типы изоляционных материалов с различными характеристиками и свойствами [2].

При выборе теплоизоляции следует учитывать многие параметры, включая стоимость, прочность на сжатие, поглощение и пропускание водяного пара, огнестойкость, простоту применения, долговечность и теплопроводность. Теплопроводность изоляционных материалов является наиболее важным свойством, представляющим интерес при рассмотрении тепловых характеристик и вопросов энергосбережения.

Теплоизоляция – это материалы или комбинация материалов, состоящих из волокон, частиц, пленки или листа, блока или монолита, с открытыми или закрытыми ячейками, которые могут быть химически или механически связаны, или поддерживаться для замедления скорости теплового потока за счет теплопроводности, конвекции и/или излучения.

Изоляционные материалы могут быть выполнены в различных формах, включая форму с сыпучим наполнителем, форму войлока или одеяла, жесткую форму, вспененную на месте или отражающую форму. Выбор надлежащей формы и типа изоляционных материалов зависит от типа применения, а также от требуемых физических, термических и других свойств материалов.

Большинство теплоизоляционных материалов демонстрируют тепловые потоки за счет комбинации трех режимов: теплопроводности, излучения и конвекции. Это приводит к вариациям тепловых свойств изоляционного материала в зависимости от толщины или поверхностного излучения, предпосылка о чистой проводимости недействительна, поэтому подразумевается термин теплопроводность изоляционных материалов [4].

Больше изоляции не обязательно означает лучше. Оптимальная экономическая толщина изоляции может быть определена как толщина изоляции, при которой стоимость дополнительного увеличения изоляции просто уравнивается увеличением экономии энергии в течение срока реализации проекта (принцип «убывающей отдачи»).

Теплоизоляция не всегда одинакова для всех типов зданий. Его эффективность и экономическую ценность лучше всего определить с помощью анализа стоимости жизненного цикла, который зависит от следующих факторов:

- тип и назначение здания;
- климатические условия на строительной площадке;
- тип используемой изоляции;
- стоимость утеплителя (затраты на материалы и установку);
- стоимость энергии (стоимость сэкономленной энергии).

Здания классифицируются по функциям, размеру и графику использования, которые отражают энергетические характеристики каждого типа здания. Поскольку каждая модель использования здания отличается от других, здания одного и того же типа имеют большинство общих характеристик, которые отражают их тепловое поведение. Таким образом, типовые данные о работе здания доступны для большинства типов зданий и могут использоваться для любого здания, которое попадает в категории того же типа. Для каждого типа здания характерны основные эксплуатационные параметры: заполняемость, освещение, оборудование и термическое зонирование. Компоненты теплоизоляции и их расположение также являются важными параметрами при определении тепловых характеристик зданий. Понимание этих параметров проектировщиками может в значительной степени способствовать экономии энергии при проектировании здания.

Результаты моделирования энергопотребления здания показали, что правильное использование теплоизоляции ограждающих конструкций здания не только снижает годовые потребности в энергии, но и снижает пиковые нагрузки. Следовательно, эксплуатационные расходы, а также начальные затраты на оборудование ОВиК могут быть сокращены за счет меньшей пропускной способности системы, необходимой для обеспечения комфорта в изолированных зданиях. В дополнение к этому положительное воздействие на окружающую среду будет также результатом меньшей зависимости от систем искусственного отопления и кондиционирования воздуха [5].

Правильная обработка ограждающих конструкций зданий может значительно улучшить тепловые характеристики, особенно в зданиях с малой глубиной укладки, таких как жилые дома и небольшие офисы с небольшим внутренним притоком тепла. Изоляция стен и крыши рекомендуется для зданий с любым климатом, чтобы обеспечить более комфортное с точки зрения температуры пространство с меньшими потребностями в энергии [6].

Тип здания играет важную роль в определении эффективности теплоизоляции для тепловых характеристик зданий. Использование большей теплоизоляции более важно в офисных зданиях по сравнению с большим количеством частных домов. Воздействие теплоизоляции более значительно в зданиях с жилым профилем, чем в тех же зданиях с офисным профилем, имеющих больший внутренний приток тепла. Это не так очевидно в случае офисных зданий, где внутреннее генерируемое тепло может задерживаться при использовании большего слоя теплоизоляции.

Поэтому важно использовать надлежащий уровень изоляции для каждого строительного проекта, который может быть оправдан только на основе типа здания, климатических условий строительной площадки, а также типа и толщины изоляции и соответствующих затрат на энергию в течение всего срока службы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пучка О.В., Сергеев С.В., Вайсера С.С., Калашников Н.В. Высокоэффективные теплоизоляционные материалы на основе техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2013. №2. С. 51-55.

2. Said S.A., Abdelrahman M.A. Energy Efficiency of a Building in the Eastern Province of Saudi Arabia: Parametric Analysis with DOE 2.1A // ASHRAE Transactions. 1989. Vol. 95. Pt. 1. pp. 147–152.

3. Al-Homoud M.S. Optimum Thermal Design of Air-Conditioned Residential Buildings // Building and Environment. 1997. 32(3). p. 203–210.

4. Романов Н.Н., Кузьмин А.А., Некрасов А.С. Экспериментальное Исследование процессов лучистого, конвективного и кондуктивного теплообмена // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. №2. С. 16-25.

5. Астафьева О.Е. Современные подходы к управлению энергосбережением в строительстве // Вестник ГУУ. 2018. №11. С. 72-76.

6. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Модель распределения изменяющихся климатических параметров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.

УДК 620.91

Панищева Ю.С.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОГНОЗЫ РАСПОЛАГАЕМЫХ ЗАПАСОВ ТОПЛИВА И ИХ ИСЧЕРПАНИЯ В МИРЕ НА 2021 г.

Начало активной добычи нефти и газа принято относить к 1860-70 годам 19 века. Начиная с этого времени и вплоть до 1880-х годов общие

запасы добываемой нефти и газа с каждым годом увеличивались, а после нефтяного кризиса 1979 года учёные и инженеры занялись активным поиском и исследованием новых месторождений.

Тогда никто и не подозревал, что наступит то время, когда встанет вопрос исчерпаемости нефтяных и газовых ресурсов, борьбы на рынках нефти и поиска альтернативных источников энергии.

Вплоть до настоящего времени традиционные углеводороды (уголь, нефть, и природный газ) обеспечивают около 90% общего энергопотребления в мире. В тоже время геологические оценки запасов ископаемых ресурсов весьма малы [1]. Это поднимает вопрос о динамике их исчерпания и перспектив развития новых энергетических технологий.

Стоит отметить, что различные аналитические структуры предоставляют разрозненные данные об общих запасах природного сырья. Однако транснациональная компания British Petroleum и Всероссийский научно-исследовательский институт геологии зарубежных стран предоставляют схожие данные по общемировым запасам ископаемой нефти.

Согласно статистическим данным British Petroleum общемировые запасы нефти оценивают в 1,734 трлн баррелей или 244,6 млрд т. Бесспорным лидером по располагаемым запасам «чёрного золота» является Венесуэла: на её территории залегают 303,6 млрд. баррелей нефти (рис.1).

На втором месте после Венесуэлы идёт Саудовская Аравия – королевские запасы нефти составляют 297,3 млрд. баррелей нефти. Тройку лидеров по запасам замыкает Канада, на территориях которой залегают 169,4 млрд. баррелей нефти. Россия, имеющая в своём распоряжении 107,15 млрд. баррелей нефти, расположилась на 6 месте, уступив Ирану и Ираку [2].

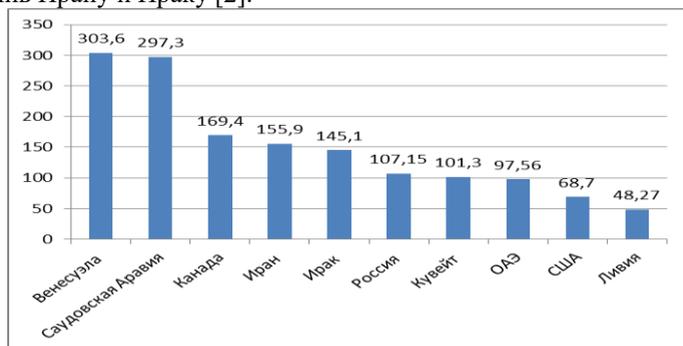
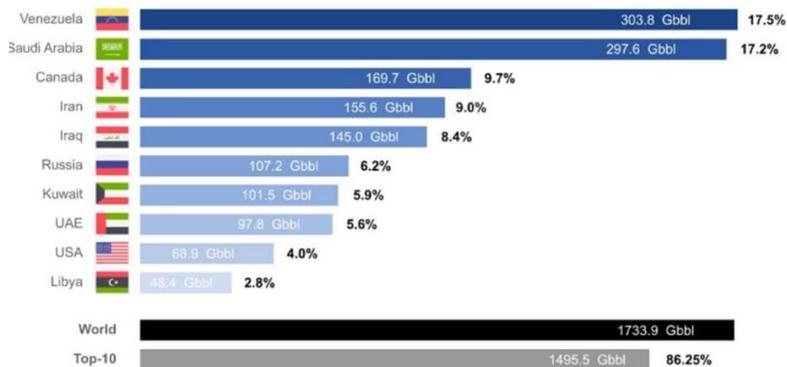


Рис. 1 Располагаемые запасы стран на 2021 год, млрд. баррелей

В свою очередь, аналитики Всероссийского научно-исследовательского института геологии зарубежных стран предоставили следующую информацию по располагаемым запасам нефти (рис. 2.).



The World's Largest Oil Reserves By Country

Рис. 2 Мировые запасы ресурсов: доказанные объемы

В процентном соотношении объём располагаемых запасов нефти в мире распределился следующим образом [3-10]:

1. Страны ОПЕК – 70,5% от общемировых запасов нефти (в 2021 году они сократились на 0,5 млрд тонн в связи с усиленной добычей в Нигерии, Ираке и Эквадоре);

2. Европа – 0,8 % от общемировых запасов нефти. Лидером является Норвегия, запасы которой составляют 1083 млн т.

3. СНГ – 8,5 % от общемировых запасов нефти. На Россию приходится прирост запасов в размере 135,5 млн т.

4. Ближний и Средний Восток – 48,3 % от общемировых запасов нефти. Саудовская Аравия значительно увеличила свои запасы (на 4,5 млрд тонн);

5. Азиатско-Тихоокеанский регион – 2,6 % от общемировых запасов нефти. Общая доля запасов снизилась на 217,8 млн тонн — главным образом, из-за Индонезии (минус 93 млн т) и Австралии (минус 180 млн т).

6. Африка – 7 % от общемировых запасов нефти. Специалисты зафиксировали сокращение запасов нефти в Республике Конго (на 8 млн т), в Анголе (на 30 млн т), в Египте на (35 млн т) и в Нигерии (на 65 млн т);

7. Северная Америка – 13,7 % от общемировых запасов нефти. На континенте зафиксировали самый мощный прирост нефтяных запасов (872 млн тонн) за счет обнаружения новых месторождений сланцевой нефти в США. Нефтяные запасы Канады увеличились на 233 млн т, а вот запасы Мексики сократились на 263 млн т.

8. Центральная и Южная Америка – 19,1 % от общемировых запасов нефти. Запасы увеличились в Аргентине (на 51 млн т.) и в Бразилии (на 27 млн т.). При этом нефтяные запасы в Эквадоре сократились на 170 млн т. и в Перу на 12 млн т. Также (с 2015) в Гайане успели открыть порядка десяти новых месторождений нефти.

Динамика развития запасов природного газа за последние тридцать лет показывает несколько иную картину. По данным на 2021 год запасы «голубого топлива» в мире составляют порядка 209 трлн м³, при этом распределение по запасам среди стран имеет некоторые отличия (рис.3).

На первом месте по запасам газового топлива находится Россия: наша страна располагает порядка 20-тью % общемировых запасов – 38 трлн. м³. На втором месте по запасам «голубого топлива» находится Иран с 32 трлн. м³ (16,1%). Тройку лидеров замыкает Катар с запасами в 24,7 трлн. м³ (12,4%).

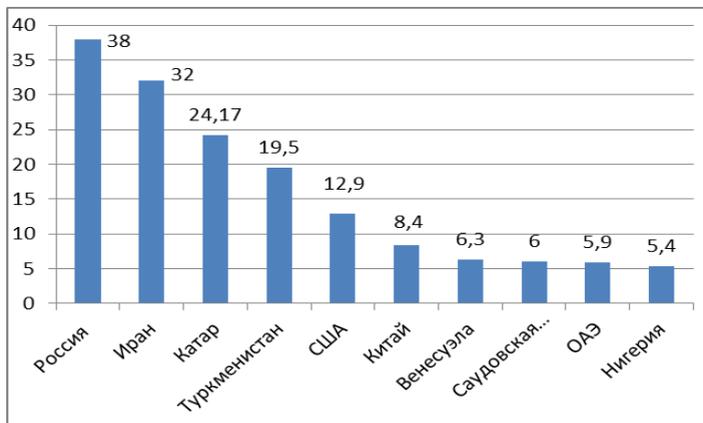


Рис. 3 Запасы природного газа по странам в 2021 году, трлн куб

В связи с тем, что в последнее время всё большую популярность приобретает «зелёная энергетика», многие компании планируют полностью либо частично отказаться от невозобновляемых ресурсов.

Эксперты сходятся во мнении, что нефтегазовая промышленность не сможет вернуться к состоянию до пандемии, особенно, если

экологическая повестка достигнет пика и переход на «зелёную энергетику» станет реальностью.

Один из сценариев развития энергетических рынков, как предполагают эксперты, мировой запас полезных ископаемых к 2050 году сократится на 85%.

Последние расчёты показывают, что при нынешнем уровне потребления нефти хватит на 53 года, а газа на 60 лет.

Решение проблемы со стремительным уменьшением располагаемых запасов может стать разработка новых месторождений и усовершенствование известных технологий добычи полезных ископаемых. Кроме того, необходимо способствовать развитию геологической разведке новых месторождений, искать новые методы выработки малых и нерентабельных месторождений, расположенных в сложных геологических условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петкевич А.П., Тихомирова Т.И. О потенциале энергосбережения 2015-2020 г. // Энергетические системы. 2016. №1. С. 128-132.

2. Харитонов В.В., Кабашев К.В., Маликов Р.Р. Долгосрочные тренды исчерпания традиционных энергетических ресурсов и перспективы ядерной энергетики. М.: НИЯУ МИФИ, 2016. 96 с.

3. BP Energy Outlook [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf>

4. Лаверов Н.П. Топливо-энергетические ресурсы: состояние, динамика освоения, обеспеченность // Вестник российской академии наук. 2006. Том. 76, № 5. С. 398-408.

5. Живов В.Л., Бойцов А.В., Шумилин М.В. Уран: геология, добыча, экономика. М.: РИС «ВИМС», 2012. 304 с.

6. Тарханов А.В., Бугриева Е.П. Современное состояние мировой и российской урановой промышленности // Разведка и охрана недр. 2022. № 8. С. 10-16.

7. Uranium 2014: Resources, Production and Demand. A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency. OECD 2014, NEA № 7209. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2014/7209-uranium-2014.pdf>

8. BP Statistical Review of World Energy. June 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: bp.com/statisticalreview

9. The Global Nuclear Fuel Market: Supply and Demand 2013-2030. The World Nuclear Association, London. 2013. 248 p.

10. Енговатов И.А., Синюшин Д.К. Минимизация радиоактивных отходов при выводе из эксплуатации атомных станций новых поколений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 45-51.

УДК 620.91

Панищева Ю.С.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИИ В ПЕРИОД С 2010 ПО 2020 ГОД

В любой стране баланс топливно-энергетического комплекса оказывает существенное влияние на экономику. Благодаря возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) мировая зависимость от углеводородного сырья постепенно снижается. Однако, в России из-за недостаточного количества полезных ископаемых и урана развитие солнечной энергетики несколько задерживается.

В России солнечная энергетика развивается по двум основным направлениям: электроэнергетика с прямым преобразованием солнечного излучения в электрическую энергию (фотоэнергетика) и солнечное теплоснабжение [1].

В основном, фотоэнергетика представлена сетевыми солнечными электростанциями, солнечно-дизельными и автономными станциями. По данным на 2020 год на первом месте среди возобновляемых источников энергии в России находится сетевая фотоэнергетика, обзор которой представлен в [2]. На 1 января 2021 года установленная электрическая мощность сетевых СЭС составляла 1 700 МВт, а за 2020 год ими было выработано 1 980 ГВт·ч.

Основное производство фотоэлектрических модулей (ФЭМ) ГК «Хевел» организовано в Чувашии (Новочебоксарск). В 2020 году этот инвестор построил СЭС общей мощностью 189 МВт, в том числе в Калмыкии – Малодербетовскую СЭС (45 МВт), третью очередь Яшкульской СЭС (25 МВт), в Саратовской области – Дергачевскую СЭС (25 МВт), в Бурятии – Торейскую СЭС (45 МВт), в Омской области – Нововаршавскую СЭС (30 МВт).

Второй по объемам строительства СЭС инвестор в России – ООО «Солар Системс», производство ФЭМ которого расположено в Московской области (Подольск). В 2020 году этой организацией были введены в эксплуатацию СЭС общей мощностью 105 МВт, в том числе в Волгоградской области – СЭС «Светлая» (25 МВт), СЭС «Лучистая» (25 МВт), СЭС «Астерион» (15 МВт); в Башкирии – Стерлибашевская СЭС (25 МВт); в Ставропольском крае – шестая очередь Старомарьевской СЭС (15 МВт), СЭС «Медведица» (25 МВт).

На третьем месте среди инвесторов ПАО «Т-Плюс». В 2020 году оно ввело в эксплуатацию в Оренбургской области СЭС «Сатурн» (30 МВт) с двухсторонними фотоэлектрическими модулями.

В России разработкой фотоэлектрических модулей (ФЭМ) в основном занимается Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе (Санкт-Петербург). В [3] представлен обстоятельный обзор, в том числе отечественных научных школ и производств ФЭМ.

В России также развита космическая солнечная энергетика, имеющая свою специфику. Научные разработки и изготовление ФЭМ для космической энергетике ведут НПО «Квант» (Москва) и ПАО «Сатурн» (Краснодар) в сотрудничестве с ФТИ.

В современной России в отличие от советского периода солнечное теплоснабжение практически не развивается [4]. Установленная мощность гелиоустановок в 2020 году оценивалась в 70 МВт [5].

Исследовательскую деятельность ведет Объединенный институт высоких температур (ОИВТ) РАН [6], лаборатория ВИЭ МГУ им. Ломоносова [7], Кубанский государственный аграрный университет [8]. Проектирование гелиоустановок в основном осуществляют ООО «Энерготехнологии-Сервис» (Краснодар) и ООО «Новый Полус» (Москва). Последнее производит солнечные коллекторы (СК) по полному технологическому циклу, в том числе абсорберы. Компания также занимается монтажом гелиоустановок. В номенклатуру этого производства входят жидкостные плоские и трубчатые вакуумные; воздушные и комбинированные СК.

С 2014 года в эксплуатацию было введено более 80 крупных объектов солнечной генерации. Именно в 2014 году, с вводом в эксплуатацию «Кош-Агачской» СЭС, началось развитие солнечной энергетике в России. «Кош-Агачская» стала первым в России объектом солнечной генерации мощностью 5 МВт, которая до 2014 года была в зачаточном состоянии и не превышала 2-3 МВт. В этом же году, после учёта крымских СЭС, общая мощность солнечных электростанций выросла до 232 МВт. До сих пор самыми мощными в России являются СЭС «Владиславовка» (110 МВт) и «Перово» (105 МВт). Самой мощной

СЭС в других регионах страны остаётся «Старомарьевская», с её 7 очередями и 100 МВт мощности. Динамика количества введённых в эксплуатацию объектов солнечной генерации (свыше 1 МВт) приведены ниже (рис.1).

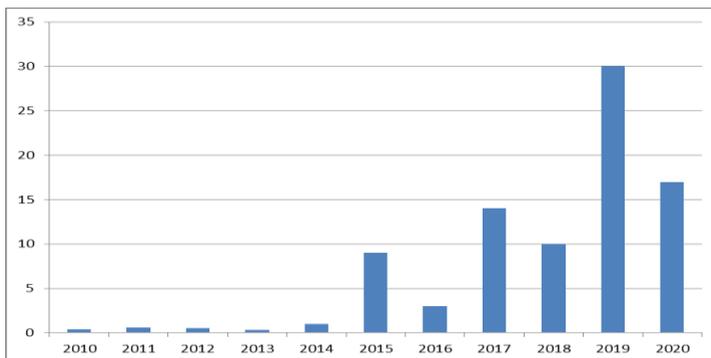


Рис. 1 Динамика количества введённых в эксплуатацию объектов солнечной генерации (свыше 1 МВт)

География введённых в этом году объектов простирается от Адыгеи, где была введена первая в регионе СЭС, до Амурской области, там, в августе было завершено строительство первой в России плавучей СЭС на территории Нижне-Бурейская ГЭС (второй этап) Динамика мощности введённых в эксплуатацию объектов солнечной генерации (МВт) приведены ниже (рис.2).

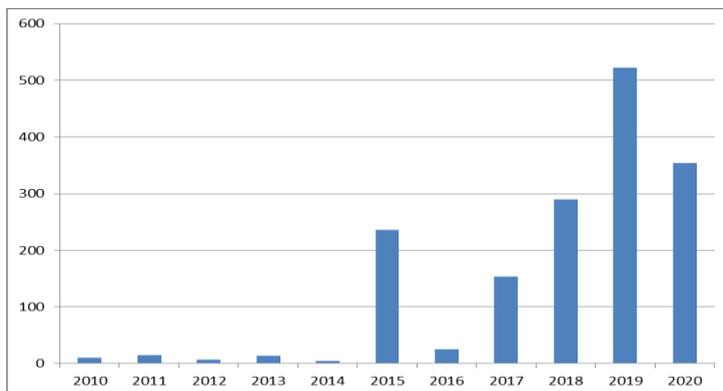


Рис. 2 Динамика мощности введённых в эксплуатацию объектов солнечной генерации (МВт)

Это первый в России опыт интеграции решений солнечной энергетики в работу гидроэлектростанции. Многие электростанции имеют уровень локализации около 70%, но есть и такие, где локализация достигает 100%, например, Майминская СЭС.

Количество крупных солнечных электростанций в России к концу 2020 году достигло 65 (более 1МВт), а их суммарная мощность составляет более 1,8 ГВт. Доля СЭС в установленной мощности электростанций ЕЭС России выросла с почти 0 до 0,7%.

По данным Института энергетической стратегии теоретический потенциал альтернативной энергетики в России составляет 2300 млрд тонн условного топлива. Но даже эта цифра не влияет на скорость перехода к использованию ВИЭ. Богатство недр российской земли углеводородным сырьем и ураном задерживает прогресс в этой сфере.

Анализ рынка солнечной энергетики в России показывает, что страна не готова к быстрому переходу на ВИЭ. Из-за отсутствия государственной поддержки и низкого спроса производство фотоэлектрических модулей ограничено. В этом сегменте представлены только несколько компаний [9]:

1. «Хевел», республика Чувашия;
2. ЗАО «Телеком-СТВ» г. Зеленоград;
3. Рязанский ЗМКП;
4. «Сатурн» г. Краснодар.

Осведомленность о потенциале гелиоэнергетики в РФ крайне мала, поэтому даже сочетание экономических и климатических факторов пока не делает ее конкурентоспособной.

Для подключения ВИЭ к общей энергосети страны, Правительство утвердило закон №47 от 23.01.2015 «О стимулировании использования ВИЭ на различных рынках электросети». Постановление призвано поддержать и максимально развить в ближайшем будущем нетрадиционные энергоисточники.

С 2010 года в мире отмечается скачок в использовании альтернативных источников энергии. При такой тенденции РФ не может оставаться в стороне. К концу 2019 года мощность солнечной энергосистемы страны составляет 0,04% (более 300 МВт), но для такой территории этого слишком мало.

В связи с этим Министерство энергетики выбрало 3 направления по увеличению масштабов гелиоэнергетического электроснабжения:

1. Привлечение инвестиционных вложений. Заключенный договор о поставке мощностей гарантирует возврат вложенных денег в течение 15 лет.

2. Развитие отдаленных регионов. На 75% территории страны нет центрального электроснабжения, что объясняет дороговизну топлива. По этим причинам был одобрен национальный проект по созданию большого количества автономных солнечно-дизельных установок мощностью 100 кВт. В будущем небольшие станции на 10 — 15 МВт будут работать по всей Сибири и Дальнему Востоку.

3. Поддержка частных собственников. Разрабатывается разрешение на установку домашних панелей мощностью до 15 кВт и продажу излишек энергии в электросети.

Благодаря научно-техническому прогрессу гелиоэнергетика активно внедряется в экономику многих государств. По статистике цена сгенерированного от Солнца электричества падает каждый год на 4%. При таких тенденциях ожидается смещение мирового энергетического баланса в сторону ВИЭ, что не может не сказаться на развитии солнечной энергетики в России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поляков В.А., Бегдай С.Н. Солнечный коллектор в системах энергосбережения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 151-154.
2. Бутузов В.А. Фотоэнергетика в России // СОК. 2020. № 7. С. 46–54.
3. Попель О.С., Тарасенко А.Б. Современные тенденции развития фотоэлектрической энергетики (обзор) // Теплоэнергетика. 2021. № 10. С. 1–21.
4. Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение. Опыт столетнего развития // Промышленная энергетика. 2020. № 4 С. 52–63.
5. Бутузов В.А. Эксплуатация российских гелиоустановок // Энергосбережение. 2021. № 1. С. 64–67.
6. Попель О.С., Фортов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире. М.: Изд. дом МЭИ, 2015. С. 450.
7. Дегтярев К.С. Экономика возобновляемой энергетики в мире и в России // СОК. 2017. № 9. С. 80–87.
8. Бутузов В.А., Бутузов В.В. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии. М.: Интеэнерго-Издат, 2015. 290 с.
9. Рычков В.В., Солдатенкова Е.И., Трубаев П.А. Оценка величины вырабатываемой электроэнергии солнечными электростанциями в Белгородской области // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 138-141.

Панищева Ю.С.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОБЛЕМЫ «ЗЕЛЕННОГО ЭНЕРГОПЕРЕХОДА» В ЭКОНОМИКЕ ЕВРОПЫ И США В 2021 г.

Основу политики Европы и США по переходу на «зеленую» энергетику составляют широко известные представления о том, что первоисточником всех изменений климата является парниковый эффект, который связан с выбросом парниковых газов, вызванным деятельностью человека. Сжигание углеводородов ведёт к увеличению концентрации двуокси углерода (CO₂) в атмосфере. По мнению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), следствием этого является увеличение парникового эффекта, который и определяет потепление климата Земли. Существует множество мер по противодействию потепления климата, одной из которых является концепция «зеленого» перехода.

Страны Европы и США стремятся как можно быстрее осуществить переход на «зеленую» энергетику, однако это стремление изменить энергетику всей Земли может привести к разрушению сложившегося экономического уклада. Большая часть населения согласна с энергетическим переходом, но чрезмерная скорость изменений в экономике может привести к серьёзным социальным последствиям. В связи с чем, экология может пострадать куда больше, чем, если традиционная энергетика постепенно бы заменялась.

В декабре 2019 г. Европейская комиссия представила «Зеленую сделку» ЕС – амбициозный пакет мер, призванный сделать экономику Европейского союза экологически устойчивой. Цель «Зеленой сделки» заключается в достижении климатической нейтральности к 2050 г. и использовании климатического перехода с целью создания возможностей для экономического и промышленного роста. Сделка включает широкий спектр политических мер и субсидий, направленных на сокращение загрязнения окружающей среды при одновременном увеличении объема исследований и инвестиций в экологически чистые технологии [1].

Для достижения к 2050 г. климатической нейтральности в Европе и США, согласно «Зеленой сделке», необходимо решить важнейшую задачу: изменить способы производства и потребления энергии в ЕС.

На производство и потребление энергии в масштабах всей экономики приходится более 75% выбросов парниковых газов в ЕС.

Почти три четверти энергетической системы ЕС опирается на ископаемые виды топлива. В энергетическом балансе ЕС доминирует нефть (ее доля составляет 34,8%), за ней следуют природный газ (23,8%) и уголь (13,6%). Доля возобновляемых источников энергии растет, но их роль остается ограниченной (13,9%), как и доля атомной энергетики (12,6%) [2].

Большая часть изменений в отношении нефти и газа произойдет в период между 2030 и 2050 гг. Ожидается, что в этот период нефть будет практически полностью выведена из употребления, а природный газ к 2050 г. будет обеспечивать лишь десятую часть энергии ЕС (рис.1.).

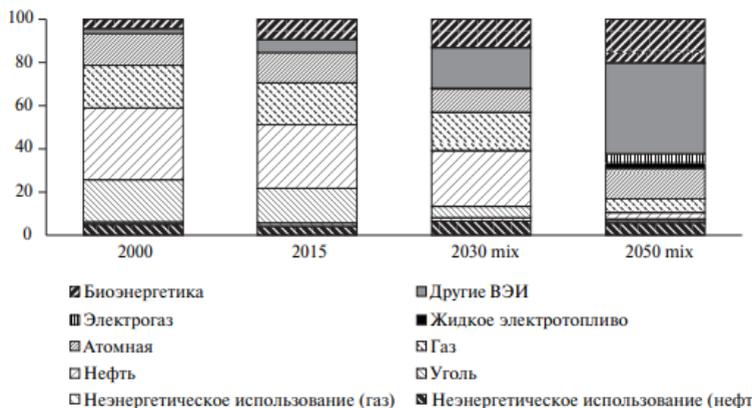


Рис. 1 Изменения в потреблении нефти и газа в период 2030-2050 гг

В зависимости от сценария в 2015–2030 гг. импорт угля в ЕС снизится на 71–77%, нефти – на 23–25%, природного газа – на 13–19%. После 2030 г. ожидается резкое сокращение импорта нефти и природного газа: по сравнению с 2015 г. импорт нефти снизится на 78–79%, а природного газа – на 58–67% (рис. 2.)

В июне этого года на саммите G7 было принято решение об ускорении перехода на «зеленую энергетику». Ключевыми аспектами обновлённой энергетической политики станут: отказ от двигателей внутреннего сгорания, замена угольных электростанций на угольные теплоэлектростанции (ТЭС), на которых будут использованы современные технологии улавливания углерода, а также содействие ускоренному развитию солнечных и ветровых электростанций.

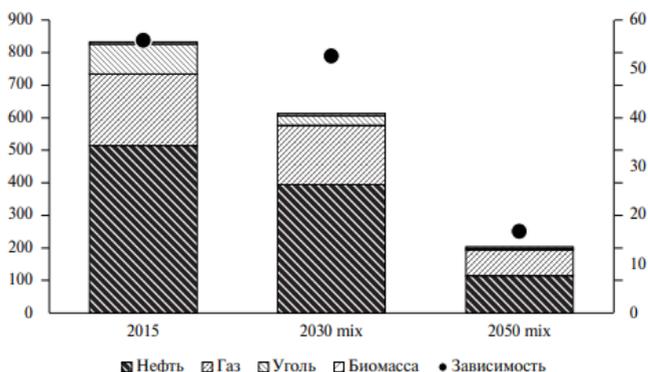


Рис. 2 Динамика импорта нефти и газа в период 2015-2050 гг

Расходы всех стран на осуществление перехода к нулевым выбросам углерода в период с 2021 по 2050 г. составят, порядка, \$275 трлн, что эквивалентно 7,5% ВВП за этот период. Такой прогноз озвучили специалисты отдела аналитики исследовательской компании McKinsey Global Institute (подразделение консалтинговой организации McKinsey). Как отмечается в исследовании, затраты будут расти неравномерно: сейчас они составляют порядка 6,8% мирового ВВП, а между 2026 и 2030 г. достигнут 9% ВВП, после чего начнут снижаться. Однако, исходя из статистических данных прошлого года, государственное финансирование добычи и использование ископаемого топлива в странах Европы и США в период с января 2020г по март 2021г составило \$189 млрд., а финансирование возобновляемых источников энергии, в свою очередь, только \$147 млрд [3].

Исходя из данных исследования The net-zero transition: What it would cost, what it could bring, проведённого консалтинговой организацией McKinsey переход на нулевые выбросы необходимо проводить одновременно во всех странах с участием энергетической и землепользовательских систем.

Капитальные затраты на строительство новой инфраструктуры и удаление углерода из старой составят \$9,2 трлн в год, что на \$3,5 трлн (~60%) больше текущего уровня расходов. В эти расчеты не входят расходы на переобучение работников и затраты на активы, которые в конечном итоге могут утратить свою актуальность [4].

Однако не стоит забывать, что переход Европы и США на «Зелёную сделку» могут негативно сказаться на странах-производителях нефти и газа. В частности, с такими трудностями могут столкнуться страны Каспийского региона, Центральной Азии, Северной

Африки, Ближнего Востока и Россия, экономика которых основана на экспорте ископаемого топлива в Европу (рис.3).

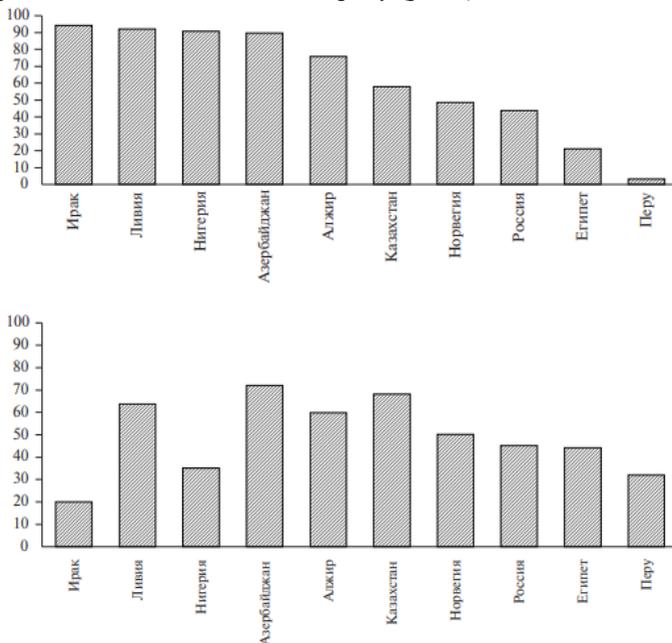


Рис. 3 Экспорт ископаемого топлива в ЕС, % от общего экспорта

Переход на «зелёную» энергетику в рамках «Зелёной сделки», учитывая масштаб экономики ЕС, скажется, так же, и на глобальном энергетическом рынке. На данный момент Европа является вторым по величине импортёром ископаемого топлива в мире (рис. 4.).

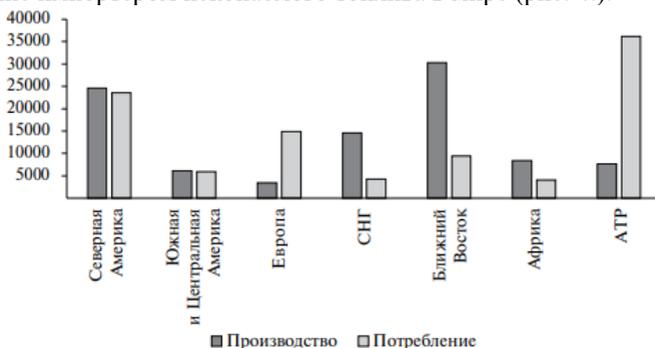


Рис. 4 Баланс нефти по регионам, 2021 г

Снижение в мире спроса на нефть, в результате перехода Европы и США на более экологичные источники энергии, скажется на мировом рынке энергоресурсов за счёт снижения цен.

Однако, даже экологически чистые ветровые и солнечные электростанции не являются стабильными источниками энергии. За первые месяцы 2021г Германия не произвела достаточного количества электроэнергии от солнечных панелей (сказались неблагоприятные погодные условия – зима), проблемы в работе хорватской подстанции привели к перебоям в подаче электроэнергии потребителям [5]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что для стабильно работы необходимо поддерживать постоянное напряжение в энергосистеме, а ветровые и солнечные электростанции не способны её поддерживать в виду нестабильности своей работы и зависимости от погодных условий.

Многие эксперты прогнозируют гибридность мировой энергетики к 2050г - сочетание традиционной и «зелёной» энергетики. Один из сценариев мирового перехода, согласно исследованиям, предусматривает следующее соотношение традиционной и «зелёной» энергетики: 68% всей выработанной электроэнергии должно приходиться на возобновляемые источники энергии и 10% - атомная энергетика.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нестеров М.Н., Трубаев П.А., Михайлова М.Ю. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 208-211.
2. Гашо Е.Г., Чехранова О. Энергетическая стратегия предприятия // Энергетические системы. 2021. № 1. С. 9-18.
3. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. М. Энергоатомиздат, 1990. 392 с.
4. Геродес Г. А. Возобновляемые источники энергии в Германии. М.: ИНЭИ РАН, 2009. 62 с.
5. Халина Е.С. Развитие альтернативной энергетики в европейском союзе в начале XXI века // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. №5-3. С. 155-160.

*Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д., Драпак А.С.
Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ И ЭКОЛОГИЧНЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Россия является одной из ведущих стран мира по количеству производимой энергии, но несмотря на это мы сильно уступаем экономически развитым странам в вопросе оптимального использования энергоресурсов. Около 30% всех потребляемых энергоресурсов страны идут на содержание жилых, гражданских и промышленных зданий.

Определено, что средние потери тепла в жилых помещениях, как правило, равны (рис. 1):

- через дверные и оконные проемы – 10-20%;
- через ограждающие стеновые конструкции – 30%;
- через цокольные перекрытия – 5%;
- через чердачные перекрытия – 20-30%.

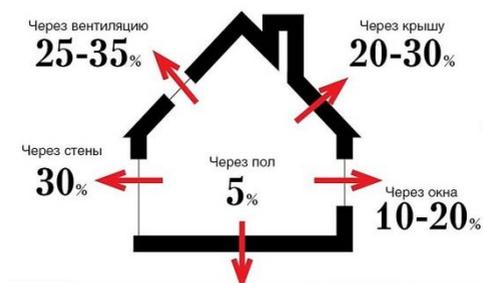


Рис. 1 Потери теплоты в здании

Вышеперечисленное свидетельствует о том, что теплозащитные свойства зданий в нашей стране примерно в 2...2,5 раза ниже, чем в других странах, а энергоёмкость российской продукции в 1,5...2 раза выше [1].

Сопrotивление теплопередаче ограждающих конструкций является основным показателем теплозащиты зданий, его минимальное требуемое значение установлено строительными нормативами [2].

Самым распространенным и самым выгодным с точки зрения стоимости материалом для утепления на сегодняшний день остается стекловата. Но этот утеплитель может нанести значительный вред здоровью человека (вплоть до онкологических заболеваний [3]), что также существенно увеличивает трудоемкость монтажа (необходимы специальная одежда, защитные очки и респираторы). Следовательно, стекловата не соответствует критерию экологичности.

Среди натуральных утеплителей наиболее эффективными оказались эковата и хлопковый утеплитель. Эковата имеет хорошие теплоизоляционные свойства и широко применяется для утепления каркасных строений. Ее недостатками являются большая гигроскопичность (а, следовательно, и дополнительные требования к проветриваемости конструкции, что усложняет ее монтаж), а также высокая стоимость относительно традиционных теплоизоляционных материалов.

Хлопковый утеплитель помимо своих теплоизоляционных свойств также обладает хорошей звукопоглощающей способностью. Соответственно, наиболее рационально применять его для теплоакустической изоляции помещений. Главным недостатком этого материала является его низкая огнестойкость.

Одним из самых перспективных теплоизоляционных материалов является аэрогель. Он обладает значительным сопротивлением теплопередаче при самой малой плотности среди твердых тел (около $1,9 \text{ кг/м}^3$). Этот материал практически полностью водонепроницаем, безопасен для жизнедеятельности человека и не имеет особых требований при монтаже. Главным недостатком аэрогеля является трудоемкость его производства, а, следовательно, значительная стоимость. Именно поэтому данный материал сегодня не имеет должного распространения [4].

Вакуумные изоляционные панели – наиболее современный вид теплоизоляционного материала в строительстве, теплопроводность которого в 5...10 раз ниже привычных нам теплоизоляционных материалов полистирольной группы.

Вакуумная изоляционная панель (англ. *Vacuum Insulated Panel*) состоит из пористого материала–заполнителя, помещенного в непроницаемую пленку–оболочку, откуда далее откачивается воздух до остаточного давления 1 мбар (10^4 МПа). Коэффициент теплопроводности равен $\lambda=0,02\text{--}0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ в зависимости от примененного заполнителя. Теплотехнические свойства вакуумной панели толщиной 20 мм сопоставимы с плитой пенополистирола толщиной 200 мм.

Пленка – оболочка – одна из критически важных составляющих панели, так как именно она должна быть герметична для обеспечения вакуума. Защитная пленка препятствует проникновению потоков воздуха и влаги вовнутрь панели. Она представляет собой пластиковую пленку (полиэтилентерефталат), придающую изделию механическую прочность, напыление алюминия, полиэтилена и клей на основе полиуретана. Для образования оболочки мембранные пленки привариваются по краям. Необходимо обеспечить качественное соединение в области сварного шва для уменьшения возможной проницаемости газа и влаги и исключить «краевой эффект» [5].

Теплотехнические свойства панели зависят от соотношения периметра и площади панели. Чем больше панель, тем больше соотношение между ее поверхностью и поверхностью сварного шва. Чем больше панель и чем более ее форма приближена к квадрату, тем в целом лучше ее теплотехнические свойства [5].

Применение вакуумных изоляционных панелей в составе ограждающих конструкций для обеспечения идентичного термического сопротивления в сравнении с другими изоляционными материалами позволяет снизить толщину изоляционного слоя в 5...10 раз.

Неорганические изоляционные материалы, например, пенополистирол, эксплуатируются в ограниченном диапазоне температур. Верхний температурный предел для пенополистирола – 85 °С, при котором возникают необратимые деформации и выделение токсичных испарений.

Вакуумные изоляционные панели с порошком из осажденного кремнезема способны выдерживать температурные нагрузки до 1200 °С со специальными пленками-оболочками. Высокие температуры негативно влияют на вакуумные панели, так как скорость движения молекул увеличивается, что способствует росту проницаемости сварных швов пленки–оболочки [5].

Среди перспективных современных материалов стоит отметить огнезащиту для труб дымоходов печей, бань, домов и каминов, которая хорошо подходит для высокотемпературной изоляции дымоходов печей и каминов в местах примыкания к стенам и перекрытиям. Используется для защиты от перегрева, возгорания и пожаров. Рекомендован для помещений, в которых находятся люди.

Огнезащита представляет собой прошитый стеклонитью мат из мягкой стекловолокнутой ткани с наполнением муллитокремнеземной ватой. Применяемые материалы экологически чистые, выдерживают температуру до + 1200 °С, устойчивы к возгораниям, безопасны для человека и окружающей среды, не содержат асбеста.

Достаточно экологичной является пробковая теплоизоляция, которую производят из коры пробкового дуба, это легкий, прочный на сжатие и изгиб материал, который не поддается усадке и гниению. Материал легко режется, не горюч, при тлении пробка не выделяет вредных веществ. Этот материал часто используется в промышленном строительстве, реже в индивидуальном.

Для качественной теплоизоляции часто используются неорганические теплоизоляционные материалы, к ним, в частности, относится пеностекло. Уникальность технологии производства заключается в сочетании двух разных веществ: классического силикатного стекла и невесомой пены, основа которой – газ. Пеностекло является материалом, созданным для утепления жилых зданий и предприятий промышленности.

Для того чтобы выбрать необходимый теплоизоляционный материал, нужно опираться на его основные характеристики: прочность, плотность, паропроницаемость, теплопроводность, максимальная рабочая температура. Исходя из которых следует выбирать тот материал, у которого совпадает максимальное количество требуемых показателей.

Таким образом, современный рынок теплоизоляционных материалов достаточно разнообразен. Реализуются как уже известные изоляторы, так и материалы нового поколения, однако применение каждого из них требует тщательного изучения большого количества факторов, начиная от задач использования [6] и заканчивая экономической составляющей [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галяветдинов Н.Р., Садретдинова К.Р., Гаянова А.Р. Исследование получения плитного теплоизоляционного керамического материала // Инновационные процессы в науке и образовании: сб. ст. Межд. науч.-практ. конф. Т. 1. Пенза: Наука и Просвещение, 2019. С. 96-98.

2. Тарасюк П.Н., Ващенко Д.А., Трубаев П.А., Радченко В.В. Анализ термического сопротивления ограждающих конструкций различного типа по результатам инструментальных измерений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 152-158.

3. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Возникновение онкологических заболеваний от воздействия минеральной ваты // Наука и образование: новое время. 2017. №2(19). С. 1-4.

4. Храмов Д.А., Кузьмин Д.Е., Личманюк Е.О. Технико-экономическая оценка современных экологических утеплителей // Перспективы науки. 2020. № 3(126). С. 47-49.

5. Белых А.Н., Астахов И.А., Небож Т.Б. Вакуумные изоляционные панели как наиболее современный вид теплоизоляции в строительстве // Перспективы науки. 2020. № 10(133). С. 183-185.

6. Филитова Е.А., Криволапов И.П. Сферы применения современных теплоизоляционных материалов / Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: Мат. межд. науч.-практ. конф. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2017. С. 96-99.

7. Вердиев Н.Ф., Гусев В.С., Тихомирова Т.И. Основные направления использования теплоизоляции // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 318-321.

УДК 621.039.6

Патрикеев Д.Ю., Ващенко Д.Д., Драпак А.С.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ – БУДУЩЕЕ ВСЕМИРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

На протяжении уже почти 70 лет учеными всего мира ведутся исследования в области управляемого ядерного синтеза и возможности использования его в мировой энергетике. На сегодняшний день одним из важнейших результатов этих исследований является проект международной термоядерной установки – International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), в русском обозначении ИТЭР, запущенный в 1987 году. В его создании принимают участие: США, Россия, страны ЕС, Япония, Китай и множество других стран, обеспечивающих тот или иной вклад в развитие данного проекта. Такое количество участников говорит в первую очередь о всеобщей заинтересованности в развитии термоядерной энергетике, и переходе от традиционных источников энергии к энергии, получаемой при синтезе ядер. Разработка ИТЭР – серьезный и значимый шаг к этому переходу [1].

Термоядерный синтез – это процесс, в котором ядра легких атомов сливаются, друг с другом образуя более тяжелые атомы (например слияние изотопов водорода дейтерия и трития). Это слияние сопровождается выделением большого количества энергии.

Стоит заметить, что топливом может выступать не только ранее названные изотопы. Другие смеси могут быть проще в производстве; их реакция может надёжнее контролироваться, или, что более важно, производить меньше нейтронов. Особенный интерес вызывают так называемые «безнейтронные» реакции, поскольку успешное промышленное использование такого горючего будет означать отсутствие долговременного радиоактивного загрязнения материалов и конструкции реактора, что, в свою очередь, могло бы положительно повлиять на общественное мнение и на общую стоимость эксплуатации реактора, существенно уменьшив затраты на вывод из эксплуатации и утилизацию [2]. Проблемой остаётся то, что реакцию синтеза с использованием альтернативных видов горючего намного сложнее поддерживать, потому реакция D–T считается только необходимым первым шагом [3].

Условия термоядерной реакции:

1. Очень высокие температуры (свыше 100 миллионов градусов Цельсия).

2. Достаточная плотность частиц в плазме (где и протекает реакция) – что повышает вероятность соударений между частицами.

3. Достаточно прочный конфайнмент, предотвращающий возможные утечки плазмы и обеспечивающий стабильно идущую термоядерную реакцию.

Для того, чтобы удерживать плазму были разработаны принципиально разные типы реакторов.

Советские ученые предложили идею магнитного удержания плазмы в 1950, а уже в 1958 году была построена первая в мире экспериментальная термоядерная установка – «Токамак Т1» [2].

На рис. 1 представлена принципиальная схема токамака – реактора. Тороидальная камера реактора напоминает по форме автомобильную покрывку, но только слегка поджатую к центру. Смесь, состоящую из тяжелых изотопов водорода дейтерия (D) и трития (T), нагревают в этой камере до температуры, при которой происходит процесс термоядерного горения (примерно 100 миллионов градусов) сильным газом разрядом. Сила разрядного тока при этом достигает 20 МА.

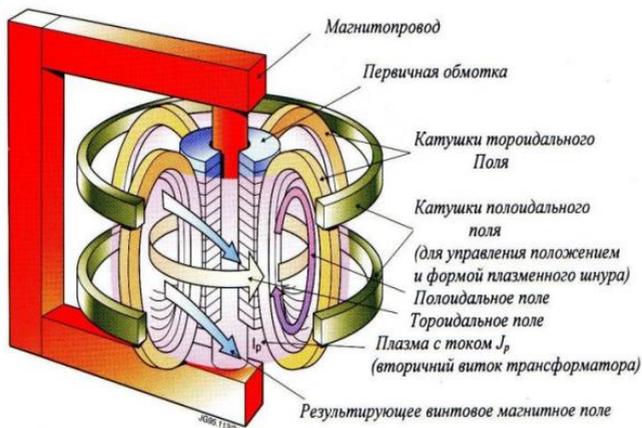


Рис. 1 Принципиальная схема Токамак–реактора

Обыкновенным тороидальным трансформатором создают такой ток в плазме, чтобы она выполняла роль вторичного короткозамкнутого контура. Для того, чтобы не было его «разрыва», и чтобы не было касаний стенок, его необходимо «подвесить» в пространстве. Весь этот процесс стабилизации выполняют при помощи «полоидального» и «тороидального» магнитных полей, которые в свою очередь создаются специальными магнитными обмотками. В итоге эта замкнутая винтовая магнитная конфигурация получается для термоядерной плазмы идеальной ловушкой, позволяющей со 100% вероятностью защитить стенки камеры от прямого воздействия многомиллионных температур. Основной продукт, участвующий в термоядерном синтезе – это быстрые нейтроны, которые преобразуются в тепло и пар в специальном устройстве, называемом «бланкет», окружающем плазменную камеру.

Следующим логическим шагом программы усовершенствования токамаков становится большой Проект ИТЭР, который соединяет идеи зажигания и стационарного термоядерного горения [4].

Сам реактор представляет собой все тот же токамак, но гораздо больше, чем те, что были созданы ранее. Его высота – более 70 м, основная платформа занимает площадь, равную 42 гектарам. Температура плазмы токамака будет находиться в пределах 110...150 миллионов °С.

Запуск планируется осуществить в 2025 году.

Мировым термоядерным сообществом были определены три основных этапа развития термоядерной энергетики:

1. Первый этап – строительство и техническая демонстрация реактора ИТЭР;

2. Второй этап – создание ДЕМО - проекта электростанции, использующей термоядерный синтез, для демонстрации коммерческой привлекательности термоядерной энергетики;

3. Третий этап – создание первого коммерческого термоядерного реактора. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что реализация проекта ИТЭР – ключевой момент в развитии термоядерной энергетики.

Развитие термоядерных технологий учитывают и современные тенденции развития радиационно-защитного материаловедения [5].

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что создание термоядерной энергетики – это гигантский шаг в будущее для всего человечества, ее осуществление и реализация возможна, и будет способствовать решению таких проблем:

1. Истощение энергетических ресурсов (отказ от традиционных источников энергии) [6];

2. Как следствие из первого пункта – улучшение экологической обстановки на планете;

3. Повышение безопасности на объектах производства электроэнергии;

4. Получение гигантского выхода энергии при относительно небольших количествах топлива [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чувашов И.А., Кузнецов Р.О. ИТЭР. Ключ к термоядерной энергетике // Аллея науки. 2018. Т. 2. № 10 (26). С. 377-383.

2. Ореховский И.А., Ожегова С.М. Проблема термоядерного синтеза // Наука и производство Урала. 2021. Т. 17. С. 144-145.

3. Хисамов А.Р., Терегулов Т.Р. Термоядерный синтез - будущее энергетики // Наука, техника и образование. 2016. № 12 (30).

4. Иванов Д.А., Лукьянцев Д.С., Клыков А.Д., Васильев С.П. Международный термоядерный экспериментальный реактор - проект для развития будущей энергетики всего мира // Научные горизонты. 2018. № 11. Ч. 1(15). С. 98-111.

5. Алфимова Н.И., Пириева С.Ю., Федоренко А.В., Шейченко М.С., Вишневская Я.Ю. Современные тенденции развития радиационно-защитного материаловедения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 4. С. 20-25.

6. Гашо Е.Г. Общие приоритеты создания межотраслевого «горизонтального» справочника по наилучшим доступным технологиям повышения энергоэффективности в Российской экономике // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 314-321.

УДК 621.22

*Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С., Назаренко Р.С.
Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Негативное влияние выбросов вредных веществ на здоровье людей, природу и животных оказывается не только на территориях, находящихся рядом с источниками выбросов, но и распространяется на большую площадь. Поэтому в наше время загрязнения внешней среды является глобальной проблемой, а расходы на охрану природы стали соизмеримы с величиной ущерба экологии [1].

Одним из вариантов уменьшения ущерба окружающей среде является использование приливных электростанций.

Приливная электростанция (ПЭС) – особый вид гидроэлектростанции, использующий энергию приливов, которые возникают при гравитационном взаимодействии Земли с Луной и Солнцем. Приливные колебания уровня чаще всего имеют периодичность, равную половине суток – 12 часов 24 минуты (полусуточные приливы), либо целым лунным суткам – 24 часов 48 минут (суточные приливы). При полусуточных приливах наибольшие величины приливов наблюдаются в новолуние и полнолуние (сизигийные приливы), а минимальные – в первую и третью четверть Луны (квадратурные приливы).

Принцип работы ПЭС – это природные приливы и отливы, связанные с деформацией, покрывающей земную поверхность водной оболочки. Они могут различаться по своей силе, но происходят регулярно, что позволяет их использовать для получения электроэнергии с определенной цикличностью. В период покоя (окончание отлива/начало прилива), который длится 1...2 часа, кинетическая энергия воды мала, и ее недостаточно для выработки электроэнергии. В активный период, продолжительность которого составляет 4...5 часов, энергия водных масс преобразуется в электрическую энергию. Такие циклы в течение суток повторяются 4

раза, что плохо сказывается на потребителях. Поэтому для предотвращения перебоев с подачей электроэнергии приливная электростанция, как правило, работает совместно с иными электрическими станциями. Например, это могут быть тепловые или атомные станции. По конструкции различают бесплотинные и плотинные ПЭС. Плотинные ПЭС по своему устройству схожи с традиционными ГЭС, так как предполагают возведение плотины [2].

Северная ПЭС – нестандартный, инновационный опытно-промышленный объект, на котором будут проверены в натуральных условиях новые технические решения, разработанные в ОАО «НИИЭС» РусГидро.

На Северной ПЭС устанавливаются три гидроагрегата в наплавном блоке здания ПЭС с глубиной в месте его установки 28...30 м. Они имеют составной вертикальный вал с тремя вертикальными ортогональными турбинами, расположенными одна над другой (рис. 1) [3]. Гидроагрегаты Северной ПЭС являются новыми, не имеющими мировых аналогов. Они защищены патентами Российской Федерации № 2307949 от 30 августа 2006 г. и № 22391554 от 5 февраля 2010 г. Диаметр рабочего колеса ортогональной турбины принят равным 5 м.

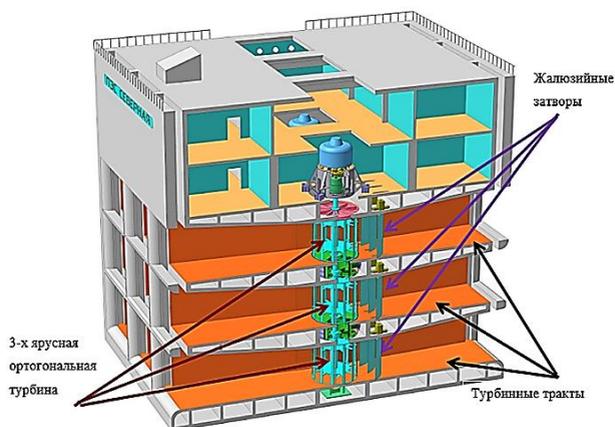


Рис. 1 3D-модель наплавного энергоблока Северной ПЭС

Северная ПЭС является однобассейновой ПЭС совмещенного типа, работающей в двухстороннем режиме. Посадка всех наплавных блоков ведется на неподготовленное основание. В состав основных сооружений гидроузла входят здание ПЭС, рыбопропускные сооружения, судопропускное сооружение, глухие наплавные блоки. Здание ПЭС размещено в наплавном железобетонном блоке,

представляющем собой жесткую ячеистую конструкцию, заполняемую балластом, и состоит из агрегатного блока и верхнего строения с монтажной площадкой [4].

Рыбопропускные сооружения в составе агрегатного наплавного блока обеспечивают свободный проход местных пород рыб через створ гидроузла в обоих направлениях. Общая ширина трех ниток рыбохода составляет 10,0 м; общая ширина двух рыбоходов (шести ниток) – 20,0 м; толщина стенок между нитками рыбохода и между камерами – 0,5 м; длина камер рыбохода – 4,4 м. Судопропускное сооружение в составе глухого наплавного блока, размещаемого к западу от здания ПЭС, предназначено для прохода судов при выровненных уровнях воды со стороны моря и бассейна ПЭС [5].

Приливные электростанции могут стать хорошей заменой различным ГЭС по всему миру.

Преимущества приливной электростанции представлены в таб. 1.

Таблица 1 – Преимущества и отличия ПЭС

Тип	Преимущества и отличия ПЭС
Тепловая электростанция	Нет вредных выбросов
Гидроэлектростанция	Не нужны искусственные водохранилища, гибнет меньше планктона
Атомная электростанция	Нет радиоактивного загрязнения
Волновые электростанции	Легче в обслуживании и долговечнее

Существует ряд проблем, связанных с функционированием приливных электростанций: высокая стоимость сооружений, большие объемы строительных работ, необходимость подстраиваться под естественный цикл приливов [6]. Они решаются поиском новых методов производства, технологий и материалов [7].

На данный момент заморозка строительства новых приливных электростанций обусловлена высокими затратами, а самое главное - малой развитостью применения альтернативных источников энергии, в частности ПЭС, в России.

Но у приливных электростанций большое будущее, ведь за счет низкой себестоимости получаемого электричества они могут быстро окупаться, при этом затрачивая минимальное количество ресурсов и как следствие небольшое количество отходов. Влияние на экологию в сравнении с другими электростанциями намного меньше, углеродного следа нет во время работы, только на стадии транспортировки, но он небольшой и одноразовый.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарева В.В., Лисняк В.О. Уменьшение выбросов оксида азота в энергетических установках / Инновационные подходы в решении современных проблем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды: сб. докл. Межд. науч.-техн. конф. Алушта. Т. 1. Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. С. 103-107.
2. Загороднев Я.А., Мусорина О.С., Гуляев С.Д. Обоснование объекта инжиниринга: приливная электростанция // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 48. С. 1245-1252.
3. Крылов А.П., Бакштанин А.М., Беглярова Э.С. Экспериментальные исследования модельной и рабочей установки портативной микро-ГЭС с сифонным водоподводом // Природообустройство. 2020. № 3. С. 99-107.
4. Крылов А.П., Бакштанин А.М. Новые концепции в развитии микро-гидроэнергетики. Гидравлика в напорных водоводах микро-ГЭС // Природообустройство. 2017. № 5. С. 8-14.
5. Бакштанин А.М., Крылов А.П., Матвеева Т.И., Беглярова Э.С. Техническая реализация проекта Северной приливной электростанции в Баренцевом море // Природообустройство. 2020. № 5. С. 59-67.
6. Авилова И.П., Крутилова М.О. Экоориентированная экономическая оценка стоимости строительства инфраструктурных объектов на примере ГЭС // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 212-219.
7. Черепович Д.С., Сергиенко О.И., Савоскула В.А. Оценка жизненного цикла приливной электростанции / Альманах научных работ молодых учёных Университета ИТМО: Мат. XLIX научн. и учеб.-метод. конф. Т. 1. Санкт-Петербург: ИТМО, 2020. Т. 1. С. 303-307.

УДК 621.311.212

Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С., Назаренко Р.С.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ОСМОТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В настоящее время, в связи с прогнозируемым сокращением запасов нефти и угля, всё чаще стал появляться вопрос о необходимости

развития возобновляемых источников энергии [1]. По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации за 2019 год, запасов нефти хватит на 29 лет (табл. 1).

Таблица 1 – Запасы нефти в России

Запасы нефти, млрд. т (за период 2008-2018 гг)	2008	2014	2015	2016	2017	2017	2019
		182	224	225	225	223	222
Обеспеченность запасами, лет	50	60	60	57	57	56	29

При текущем уровне запасов нефти, России необходимо развивать альтернативные источники энергии. Поскольку альтернативные источники энергии являются возобновляемыми, то есть производят энергию, пока светит солнце, дует ветер и течет вода, то существует необходимость перехода на них. Они являются экологически чистыми источниками энергии [2]. Серьезным недостатком возобновляемых источников энергии являются: невысокая вырабатываемая мощность, непостоянство во времени, а также дороговизна оборудования, необходимого для конструирования установок [3], что снижает энергобезопасность стран [4].

Одним из видов возобновляемой и свободной от загрязнений энергии является энергия градиента солености (на базе осмотической электростанции), которая основана на выделении свободной энергии при смешивании воды с различной концентрацией солей, например, между реками и океанами. Эта энергия пригодна для различных нужд человечества. Существует несколько концепций использования энтропии смешения для выработки электроэнергии. Одним из них является понятие осмотическая сила. Поскольку, из опреснительных установок обратного осмоса могут быть приняты несколько компонентов, то осмотические электростанции являются наиболее разработанной концепцией использования энтропии смешения для выработки электроэнергии. При смешивании пресной воды и соленой воды выделяется около 2,88 МДж энергии на 1 м³ пресной воды [3].

Осмотическая электростанция (ОЭС) – это гидроэлектростанция, работающая по принципу диффузии пресной и соленой воды через полупроницаемую мембрану (проницаемую только для молекул растворителя), т. е. на эффекте осмоса [5].

Первым идею использования энергии осмоса высказал в начале 70-х годов XX в. Сидни Лоэб.

В 1964 г. были сделаны первые вручную завернутые мембраны, которые не были пригодными для опреснения. В 1970–е годы Сидни Лоэб запатентовал мембранную систему преобразования осмотического давления (в англоязычной литературе эта система получила название *pressure retarded osmosis* или сокращенно PRO), но оказалось, что существующие обратноосмотические мембраны для эффективной реализации PRO процесса не пригодны [6].

В 1980–е годы системы опреснения становятся более эффективными благодаря усовершенствованным мембранам.

В 1996 г. благодаря выделенному финансированию компанией Starcraft совместно с Sintef был начат проект, посвященный процессу PRO, сопровождавшийся исследованием и тестированием мембран. Примерно в это же время началось производство специализированных мембран для прямого осмоса.

В 2001 г. в г. Сундальсёра была создана опытная установка, на которой стали проводиться научные исследования по использованию осмотической машины как источника электроэнергии, которые финансировались Евросоюзом, что ускорило темп исследований.

В 2003 г. было проведено тестирование полномасштабных мембранных модулей.

В 2009 г. первый опытный образец осмотической электростанции начал свою работу в округе Тофте, к юго–западу от Осло. Цели данного проекта – отработка технологии в реальных условиях, тестирование, выбор и усовершенствование мембран и систем подготовки, оптимизация режимов работы.

Простейшее схемное решение, представленное на рис. 1, реализующее технологию PRO, можно представить следующим образом. Для поддержания рабочего давления соленая вода подается на мембрану насосом высокого давления. Пресная вода поступает на мембрану с небольшим давлением. Явление осмоса заставляет пресную воду проходить через мембрану и смешиваться с соленой. Смесь пресной и соленой воды, находящаяся под избыточным давлением, поступает на турбину, которая в свою очередь приводит в движение электрогенератор [6].

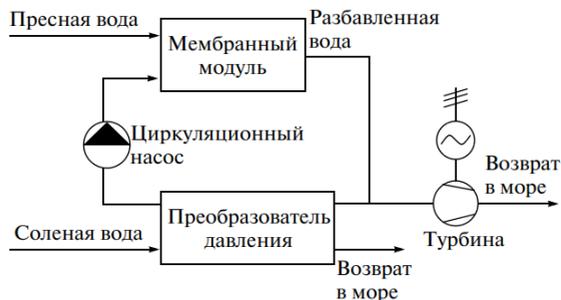


Рис. 1 Высокоэффективная схема преобразования осмотической энергии в электрическую с использованием преобразователя давления

При переходе пресной воды через мембрану и смешении с соленой концентрация солей в растворе будет снижаться. При этом будет уменьшаться и движущая сила, заставляющая пресную воду проходить через мембрану. Следовательно, чтобы максимально использовать энергию прямого осмоса, на мембранный модуль надо подавать большой поток соленой воды так, чтобы ее разбавление потоком через мембрану было несущественным. Но чем больше будет поток подаваемой морской воды, тем больше будут технологические потери в схеме (электроэнергия, необходимая для привода насоса, механические потери в насосе и турбине, потери на подготовку и т. д.).

Таким образом, возникают две фундаментальные задачи, которые необходимо решить, для создания высокоэффективной осмотической машины:

- уменьшить технологические потери;
- найти оптимальное соотношение потоков «пресная вода–соленая вода» [6].

Осмотическая электростанция по эффективности находится ниже солнечных батарей, ветрогенераторов, биотопливных станций, но выше приливных гидроэлектростанций. Преимущества осмотической электростанции следующие.

1. Игнорирование климатических условий – ветра и солнца. Это выгодно отличает осмотическую от солнечной, ветровой или приливной электростанций.

2. Не угрожает парниковыми газами, не создаёт выброса токсичных веществ, что позволяет устанавливать её даже в черте города без ущерба его жителям.

3. Ресурсы, затраченные на работу электростанции возобновляемы.

4. Дешёвое сырьё.

5. Производит постоянное предсказуемое количество энергии.

6. Станции не нужно строить на отдельных специальных площадках, так как они не создают вредные выбросы. К примеру, можно оборудовать неиспользуемые помещения существующих предприятий (например, первая станция в Норвегии расположена на пустующем складе деревоперерабатывающего завода) [6].

Недостаток осмотической электростанции заключается в том, что её возможно использовать лишь на морских побережьях. Невозможность повсеместного её использования объясняется отсутствием одновременно в одном месте и солёной и пресной воды, но этот недостаток можно не учитывать, если создать высокоэффективные мембраны, с помощью которых можно будет использовать градиент солёности глубин океана [6].

К недостаткам, которые вызваны недоработкой проекта, относятся:

1) небольшая мощность установок (около 2...5 кВт);

2) потребность очистки мембран от забивающих микропоры органических остатков, несмотря на забор морской воды с глубины более 35 м;

3) сохранность безопасности флоры и фауны (например, сооружение рыбопропускных каналов).

Перспектива развития таких электростанций рассматривается, главным образом, в Японии и России [6].

В Японии налажено производство необходимого оборудования. Здесь осуществляется выпуск осмотических мембран до 70 % от мирового объёма [7].

Мировой резерв энергии осмоса огромен – ежегодный сброс пресных речных вод составляет более 3700 кубических километров. Если удастся использовать только 10 % этого объёма, то можно вырабатывать более 1,5 ТВт/часов электрической энергии, т. е. около 50 % европейского потребления [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петкевич А.П., Тихомирова Т.И. О потенциале энергосбережения 2015–2020 г. // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 128-132.

2. Глухова М.В. Охрана окружающей среды и здоровья населения - Важная задача развития Российской энергетики // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2004. № 8-3. С. 50-52.

3. Армашова–Тельник Г.С., Соколова П.Н. Осмотические электростанции как направление инновационного развития электроэнергетического сектора // *Znanstvena Misel*. 2020. № 46-1(46). С. 10-18.

4. Корякина Л.В., Новикова О.В. Некоторые аспекты развития рационального ТЭК с учетом уровня энергобезопасности // *Энергетические системы*. 2020. № 1. С. 19-27.

5. Котеленко С.В., Протасов А.В. Осмотические электростанции // *Известия ТулГУ. Технические науки*. 2019. № 11. С. 205-213.

6. Кондратьева М.А., Лобанова О.Н., Орлов К.А., Пантелеев А.А., Хоружий О.В. Использование мембранных технологий для получения электрической энергии // *Теплоэнергетика*. 2015. № 9. С. 67-76.

7. Хисматуллина И.З., Закирзаков А.Г. Перспективы развития осмотических электростанций // *Энергетика и энергосбережение: теория и практика: мат. III Всерос. науч.-практ. конф.* Кемерово: КузГТУ, 2017. С. 251.

УДК 621.31

*Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С., Ващенко Д.Д.
Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Солнечной называют энергию, производимую Солнцем в виде света и тепла. Ее получают за счет принципа фотоэффекта при помощи фотоэлектрических панелей и солнечных тепловых коллекторов. Фотоэффект – это процесс взаимодействия света или любого другого электромагнитного излучения с веществом, в результате которого энергия фотонов передается электронам вещества.

Солнечная панель состоит из четырех основных элементов: солнечного модуля, контроллера, аккумулятора и инвертора.

В солнечном модуле энергия Солнца преобразуется в электрическую с помощью полупроводника – кремния, в процессе чего вырабатывается постоянный электрический ток.

С помощью инвертора энергия может преобразовываться в переменный электрический ток.

Контроллер – это главный элемент контроля и управления всей системой электроснабжения. Основная его функция – полная зарядка аккумулятора с целью недопущения перегрузки или обратного тока в ночное время. Контроллер обеспечивает полную безопасность и оптимизирует работу всей системы электроснабжения на солнечных батареях.

Аккумулятор накапливает энергию, поступающую от солнечного модуля.

Инвертор преобразовывает напряжения постоянного тока от аккумуляторных и солнечных батарей, топливных и других генераторов в напряжение 220 В/50 Гц [1].

Однако солнечные панели имеют два весомых недостатка – высокую стоимость и низкую эффективность [2]. Эффективность солнечной панели определяется ее способностью преобразовывать солнечную энергию в электрический ток.

Поэтому часто для того, чтобы повысить эффективность панелей используют солнечные концентраторы.

Солнечный концентратор – устройство, позволяющее собирать солнечную энергию с большей площади и направлять ее на меньшую площадь.

Строго говоря, повысить эффективность (КПД) солнечной панели добавлением в систему линз и зеркал не удастся, но с их помощью можно увеличить световой поток, падающий на панель, и, следовательно, выходную мощность, то есть та же самая панель в тех же условиях будет производить больше электроэнергии.

Основная функция солнечного концентратора – фокусировка солнечного излучения на приемнике (солнечной панели), который располагается на фокальной линии или в фокальной точке коллектора солнечной энергии [3].

Неподвижный каскадный линзовый концентратор солнечного излучения с оптическим способом наведения светового потока (рис. 1) содержит три плоские радиальные линзы Френеля.

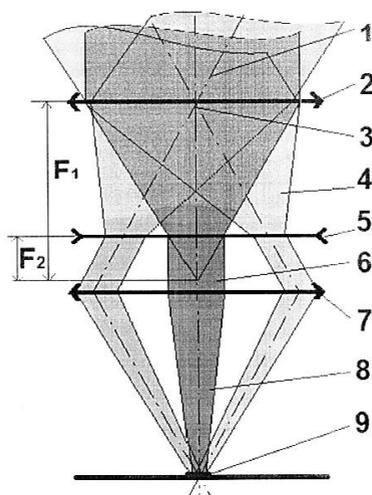


Рис. 1 Схема неподвижного каскадного линзового концентратора солнечного излучения с оптическим способом наведения светового потока:

1 – осевая линия падающего вечером солнечного светового потока; 2 – собирающая линза Френеля; 3 – точка пересечения осевых линий падающего света при суточном движении солнца по небосводу; 4 – сужающийся световой поток (утром) после первой линзы Френеля; 5 – рассеивающая короткофокусная линза Френеля; 6 – узкий концентрированный световой поток (в полдень) после второй линзы Френеля; 7 – собирающая длиннофокусная линза Френеля; 8 – окончательно сужающийся световой поток (в полдень) после третьей собирающей линзы Френеля; 9 – приемный элемент – фотоэлектронный преобразователь, или входной торец фокона

В фокусе первой сужающей радиальной линзы Френеля расположена вторая расширяющая короткофокусная радиальная линза Френеля, за которой расположена третья сужающая линза Френеля, за которой расположен приемный элемент. Вторая расширяющая линза имеет меньшее фокусное расстояние, чем первая, и они обе образуют коллиматор, а приемный элемент расположен в фокусе всей оптической системы трех линз концентратора.

Технический результат – увеличение плотности выходного светового потока, снижение массы концентратора, отсутствие электромеханических следящих систем, снижение ветровой нагрузки, увеличение времени работы в течение дня, срока службы и надежности [4].

На пути к снижению стоимости солнечных батарей и при этом сохранению, а при возможности увеличению КПД перспективным

выглядит использование коллоидных квантовых точек (ККТ) в солнечных элементах. А применение ККТ в качестве активных компонентов (люминофоров) *люминесцентных солнечных концентраторов (ЛСК)* дает дополнительные преимущества, например, делает возможным использование данных элементов в пасмурную погоду.

Устройство конструкции выглядит следующим образом: в кюветы, прозрачные в оптическом диапазоне, помещают ККТ – наночастицы на основе халькогенидов металлов, синтезированные методами коллоидной химии. В данном случае используются квантовые точки CdS, также квантовые точки с ядрами Cd.Se в оболочке ZnS (Cd.Se/ZnS), то есть более широкозонный полупроводник в оболочке (ZnS) играет роль пассиватора поверхностных состояний и локализует электронно-дырочную пару внутри ядра (Cd.Se). Это делается для увеличения эффективности люминесценции. Квантовые точки разводятся в органическом растворителе – толуоле. Кюветы наполняются ККТ разных размеров для создания разных диапазонов поглощения и излучения для каждого концентратора. Конструкция имеет каскадное расположение, причем ККТ с границей спектра поглощения, уходящей в ультрафиолетовую зону должны находиться ближе к Солнцу, чтобы часть непоглощенного ими света проходила на следующий концентратор. Попадающее на структуру излучение переизлучается в узком спектре длин волн, с полушириной спектра в несколько раз меньшей, чем у солнечного излучения. Свет от ККТ собирается при помощи системы зеркал на фотоприемники малой площади. Используются фотодиоды на основе GaP, GaN и Si [5].

Солнечные тепловые электростанции (СТЭС) с параболоцилиндрическими концентраторами, концепцию сооружения которых предложила израильская фирма Luz, имеют установленную мощность 354 МВт. СТЭС расположена в Южной Калифорнии (США) вблизи г. Барстоу. Система состоит из девяти станций мощностью от 14 МВт до 80 МВт, сооружение которых велось с 1980 по 1991 г. г.

В станциях этого типа 25% мощности покрывается за счёт природного газа. Принцип работы, следующий: солнечное излучение отражается от концентраторов и фокусируется на приемнике излучения, выполненном в виде стеклянной трубы, внутри которой расположена металлическая труба с селективным покрытием, по которой идет теплоноситель. В зазоре между трубами создан вакуум, что обеспечивает надёжную теплоизоляцию приёмника от внешней среды. Концентраторы расположены продольными осями в направлении Север – Юг и в течение дня осуществляют синхронный поворот за Солнцем

вокруг одной продольной оси. В приемнике находится жидкий теплоноситель в виде силиконового масла, не закипающий при температурах 380 °С, до которой он разогревается. Разогретое масло поступает в парогенератор, а остывшее масло снова в приёмники концентраторов. Водяной пар при необходимости подогревается газовыми горелками перед поступлением в турбину. Суммарная эффективность станций этого типа составила среднегодовую величину 10...12 %. Стоимость электроэнергии составляет 0,1...0,15 евро/кВт·ч. СЭС работает до настоящего времени и ежегодно замещает 2 млн. баррелей нефти (1 баррель = 159 л) [6]. Так же солнечную энергию возможно использовать в системах кондиционирования [7].

Неоспорима роль электроэнергии в поддержании и дальнейшем развитии человечества. В современном обществе остается все меньше областей человеческой деятельности, в которых бы не использовалось электричество. Традиционные источники энергии не бесконечны и экологически не безопасны. Запасы энергии Солнца безграничны, поэтому ученые по всему миру трудятся над созданием новых систем, которые позволят расширить сферы применения солнечной энергетики. В будущем солнечная энергетика может стать главным источником энергии в мире [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кривоножкин А.В., Попов А.С., Тихомирова Т.И. Использование солнечных панелей в качестве альтернативного источника энергии / Актуальные вопросы охраны окружающей среды: Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции // Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Белгород, 2018. С. 225-228.

2. Рычков В.В., Солдатенкова Е.И., Трубаев П.А. Оценка величины вырабатываемой электроэнергии солнечными электростанциями в Белгородской области // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 138-141.

3. Хоренко П.Е., Шумский Д.В., Компанец Б.С. Повышение энергоэффективности солнечных панелей с помощью солнечных концентраторов / Актуальные вопросы энергетики: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием // Омский государственный технический университет. Омск. 2021. С. 46-50.

4. Пат. № 2670360 С1 Российская Федерация, МПК F24S 23/30, G02B 19/00, H02S 40/22. Неподвижный каскадный линзовый

концентратор солнечного излучения с оптическим способом наведения / С. Я. Самохвалов; № 2017139364, заявл. 13.11.2017; опубл. 22.10.2018.

5. Горбунов И.А. Люминесцентные солнечные концентраторы на коллоидных квантовых точках // Наука настоящего и будущего. 2017. Т. 1. С. 390-391.

6. Стребков Д.С., Иродионов А.Е., Бобовников Н.Ю. Солнечные электростанции с концентраторами для крупномасштабной солнечной энергетики // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 5(20). С. 96-108.

7. Гарькавый К.А., Бегдай С.Н. Системы солнечного кондиционирования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 58-62.

УДК 621.039

Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С., Ващенко Д.Д.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВВЕДЕНИЯ ТОРИЯ В ЯДЕРНУЮ ЭНЕРГЕТИКУ

В мире на сегодняшний момент существуют тенденции спада и даже отказа от ядерной энергетики. Число строящихся атомных реакторов падает каждый год, несмотря на очевидные достоинства: безопасность, отсутствие транспортных проблем, экологичность, огромная энергоемкость. Причиной упадка являются следующий недостаток отрасли: ядерные отходы [1].

Обычно для получения ядерной энергии используют цепную ядерную реакцию деления ядер плутония или урана. Однако у этого метода добычи первичной энергии также есть недостатки, связанные в основном с ресурсами, используемыми на АЭС. Уран или плутоний являются радиоактивными, и работа с ними может негативно сказаться на здоровье человека или даже привести к смерти. Кроме того, при добычи такого вещества как уран, из земли выделяется радон, опасный газ, вызывающий рак. Пытаясь оптимизировать процесс добычи энергии с помощью радиоактивных элементов, ученые ищут альтернативу урану и уже сегодня есть достойные аналоги. Возможным решением является торий.

Считается, что уже во второй половине 21 века во всем мире начнут активно использоваться ториевые электростанции [2]. Торий – химический элемент, стоящий на 90–м месте в таблице Менделеева,

является тяжёлым слаборadioактивным металлом. Но поместив его в нейтронное поле, можно получить уран-233, являющийся универсальным ядерным топливом [1].

Несмотря на то, что торий является радиоактивным, его добыча не вызывает таких сложностей. Также тория значительно больше в земной коре (примерно в 3 раза больше, чем урана), а это означает, что его можно использовать в больших количествах, чем другие элементы. Однако у него есть и другие преимущества, такие как, например, то, что при его переработке выделяется намного больше энергии, чем при делении того же урана (для выделения одного и того же количества энергии, тория нужно в 200 раз меньше чем урана) [3]; торий не способен выделять энергию самостоятельно, для этого ему необходимо вступать в реакцию с другим радиоактивным элементом, например, плутонием. На первый взгляд это минус, ведь это усложняет процесс выработки энергии, однако это намного безопаснее, ведь если процесс выйдет из-под контроля, достаточно будет отделить от тория вспомогательный элемент, для предотвращения возможной аварии. Так же торий, в отличие от того же урана, пригоден для работы без необходимости в его обогащении, что является еще одним его преимуществом.

Уже сегодня такие страны как Китай и Индия стремятся начать активно работать с торием, строят ториевые электростанции и активно продвигают идеи и технологии, связанные с этим элементом [2].

Существует две особенности вовлечения в ядерную энергетику тория. Первая особенность состоит в том, что потребуется промышленная реализация иной технологии топлива (по сравнению с существующей урановой технологией), поскольку материаловедение, связанное с торием, отличается от уранового. Вторая особенность обусловлена тем, что преобразования потребуются не только в технологии обращения с топливом при его рециклировании, хранении и захоронении. Они потребуются (что весьма капиталоемко) начиная с добычи и первичной переработки ториевой руды. Поэтому важным является вопрос о том, в каких масштабах может потребоваться (или не потребуются) развертывание промышленности по добыче тория, которой в настоящее время, вообще говоря, еще не существует ни в одной стране мира.

Ведь торий, как известно, до сих пор находит весьма ограниченное применение в народном хозяйстве, например, в химической и металлургической промышленности, в электронике и медицине. По разным оценкам, это применение весьма ограничено и составляет от нескольких десятков до 200...300 тонн в год.

В настоящее время торий добывается, по существу, как побочный продукт при добыче группы редкоземельных элементов, отделяется от руды при ее первичной переработке и откладывается для хранения и последующего использования. Как побочный продукт он так же извлекается и при добыче урана в смешанных ураноториевых месторождениях [4].

К сожалению, у ториевого топливного цикла есть свои недостатки. Изотоп протактиния – 233 имеет относительно длительный период полураспада (27 дней). За время присутствия в активной зоне, он может захватить нейтрон и перейти в проактиний – 234 (период полураспада – 1 минута), после чего быстро распадется в уран – 234 (период полураспада – $2,5 \cdot 10^5$ лет). Это ухудшает эффективность тория в цикле, особенно при увеличении плотности потока нейтронов в активной зоне.

Проблемы есть и с точки зрения переработки. В процессе выгорания накапливается изотоп уран–232, в цепочке распада, которого в свинец присутствуют изотопы висмута Bi–210, полония Po–212, таллия Tl–208 происходит увеличение радио токсичности за счет появления короткоживущих изотопов.

Ввод тория в реакторы не произошел по двум причинам. Первая – нет необходимого объема данных для лицензирования ториевого топлива. Должны быть получены результаты многочисленных исследований, связанных с безопасностью, эксплуатационных и радиационных характеристик топлива. Вторая, и главная – не существует коммерческих поставок такого топлива и соответствующей инфраструктуры.

Из-за указанных проблем вовлечение тория в ядерную энергетику станет актуальным только при истощении ресурсов дешевого природного урана. Но введение ресурсов тория в топливный цикл все равно является очень важной и перспективной задачей, которая может решить проблему ядерных отходов [1].

Следует отметить, что проводились эксперименты по использованию тория в энергетике: работали опытные реакторы на предприятиях по производству компонентов ядерного оружия «Маяк» и в Германии. Но в то время (после окончания Второй мировой войны) необходимо было развивать военное направление, и соответственно, работать на плутонии и уране, вследствие чего ториевая программа была заморожена. В настоящее время разработки ториевых реакторов ведутся в США, Германии, Индии и др. странах (Рис. 1).



Рис. 1 Экспериментальный ториевый реактор (Индия)

Главное препятствие на пути промышленного распространения ториевых реакторов сейчас – это то, что замена урана торием потребует новой разработки всего топливного цикла, от создания тепловыделяющих элементов до переработки отработанного топлива. Необходимо разрабатывать современные конструкционные материалы [5], модернизировать методы расчета теплообмена [6]. Ядерная отрасль чрезвычайно консервативна - поэтому промышленное внедрение тория в качестве ядерного топлива может занять целое десятилетие. Эксперты международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ) считают, что переход на торий экономически оправдан [7].

Задача практического воплощения этого цикла в жизнь может стать научной и инженерной целью отрасли на ближайшую перспективу, при строительстве демонстрационного уран-ториевого реактора через 8–9 лет, а не через 45 лет, как записано сейчас в стратегическом плане работ Минатома РФ.

Страна, которая первой освоит и запустит в широкое производство экологически безопасные ядерные реакторные установки уран-ториевого топливного цикла на базе реакторов с расплавами солей фторидов, выйдет на передовые в мире рубежи высоко конкурентоспособных ядерно–энергетических технологий со всеми вытекающими из этого преимуществами [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вялков И.К., Повх И.В. Торий вместо урана в ядерной энергетике // Научно–техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2020. Т. 2. С. 375-376.

2. Гребнев М.С., Демиденко Н.Д. Сокращение традиционных и переход к освоению новых источников // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2022. Т. 1. С. 386-389.

3. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России // Образование, наука, производство. Белгород: Изд-во БГТУ. 2015. С. 1225-1231.

4. Куликов Г.Г., Шмелев А.Н., Гераскин Н.И., Куликов Е.Г., Апсэ В.А. Перспективный топливный цикл ядерной энергетики РФ с привлечением незначительного количества тория от термоядерного источника нейтронов с Th-бланкетом // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2016. № 1. С. 111-118. DOI 10.26583/pre.2016.1.12

5. Алфимова Н.И., Пириева С.Ю., Федоренко А.В., Шейченко М.С., Вишневская Я.Ю. Современные тенденции развития радиационно-защитного материаловедения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 4. С. 20-25.

6. Аксенов П.Л., Егоров М.Ю. Анализ методов интенсификации теплообмена в ядерных энергоустановках // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 251-257.

7. Карницкий В.Ю., Ботирова А.У. Использование тория в качестве альтернативного и экологически чистого источника энергии // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 12. С. 82-84.

8. Яковлев Р.М., Обухова И.А. На пути к безопасной атомной энергетике // Биосфера. 2017. Т. 9. № 2. С. 123-135.

УДК 620.92

Попова А.Ю.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ В 2021 ГОДУ

Одной из основных задач энергетики является поиск наиболее эффективных и рациональных источников энергии, которые способны удовлетворить энергетические потребности. Эффективность потребления той или иной энергии характеризуется получением необходимого результата с использованием при этом меньшего

количества энергии, а, следовательно, способствующее повышению её сбережения. Энергосбережение является важной проблемой во всем мире. Оно включает в себя не только экономию денег, но и ресурсов, а также безотходность производства.

Истощение традиционных источников энергии с каждым годом все наиболее ощутимо. По оценкам ученых в ближайшие десятилетия могут исчезнуть такие традиционные источники энергии, как нефть, газ, каменный уголь и дрова. Еще одной не мало важной проблемой является экологическая составляющая процесса сжигания углеводородного топлива, которая приводит к вредным выбросам в атмосферу, вызывающим экологические проблемы. По этим причинам возникает необходимость поиска новых наиболее безотходных источников энергии [1...3].

Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования ВИ на период до 2024 года, утвержденные распоряжением Правительства РФ от 08.01.2019 г. № 1-р, исходят из приоритетного характера цели повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии [4].

Согласно отчету о функционировании ЭЭС России в 2021 году выработка электрической энергии электростанциями, с учетом производства электроэнергии на электростанциях промышленных предприятий, равна 1 114 548 млн кВт·ч. Таким образом, рост объема производства электроэнергии относительно 2020 года составил 6,4% [5].

Годовой объем производства электроэнергии на ГЭС в 2021 году составил 209519,8 млн кВт·ч, что на 1% больше, чем в 2020. На СЭС производство электроэнергии в 2021 году увеличилось на 13,7%, что намного лучше, чем в 2020, и составило 2253,8 млн кВт·ч. Но самый лучший результат показали ВЭС, которые увеличили производство электрической энергии за год на 161,7%, что составило 3621,7 млн кВт·ч [5].

Производство электрической энергии традиционными способами также смогли повысить свои показатели. На АЭС производство выросло на 3% и составило 222244,8 млн кВт·ч, а на ТЭС на 9,1% и стало равно 676908 млн кВт·ч. Наглядно структура производства электроэнергии в ЭЭС России в 2021 году по типам электростанций приведена на рис. 1 в виде диаграммы.

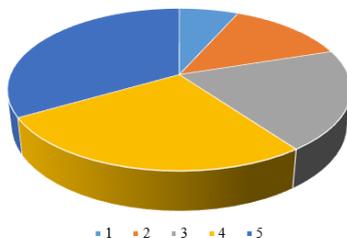


Рис. 1 Структура выработки электроэнергии по типам электростанций
 ЕЭС России в 2021г.: 1 – СЭС; 2 – ВЭС; 3 – ГЭС; 4 – АЭС; 5 – ТЭС

На данной диаграмме видно, что наибольшее количество электроэнергии в России вырабатывается на ТЭС и оно составляет 60,7% от всей выработанной за год. На АЭС вырабатывается 19,9% электрической энергии. Суммарно за счет ВЭИ вырабатывается 19,3% от общего количества выработанной электроэнергии, наибольшая часть которой производится на ГЭС.

Объем потребления электроэнергии в ЕЭС России в 2021 году составил 1 090 437,0 млн кВт·ч, что выше чем в 2020 году на 5,5%. Сравнение показателей фактического баланса электроэнергии в ЕЭС России в 2021 году с аналогичными показателями 2020 года представлено в табл. 1 [5].

Потенциал солнечной и ветроэнергетики отличается для разных регионов [6, 7].

В настоящее время в России все чаще начинают появляться инновационные проекты, работающие на основе ВИЭ. Одним из таких является автономный комплекс связи на ВИЭ для удаленных регионов, который разработали НИИ Радио.

Таблица 1 – Баланс электроэнергии в ЕЭС России в 2021 и 2020 г.

Показатель	2021 год, млн кВт·ч	2020 год, млн кВт·ч	2021/2020 год, %
Выработка электроэнергии, всего	1114548,0	1047031,5	106,4
ТЭС	676908,0	620566,8	109,1
ГЭС	209519,8	207416,3	101,0
АЭС	222244,8	215682,1	103,0
ВЭС	3621,7	1384,1	261,7
СЭС	2253,8	1982,3	113,7
Потребление электроэнергии	1090437,0	1033720,0	105,5

Он способен сам себя снабжать электроэнергией и его применение возможно даже в условиях севера. Электроэнергия в этом комплексе вырабатывается при помощи, установленной на комплексе ветросолнечной установки и сохраняется в землю в аккумуляторах. Данный комплекс способен обеспечить мощность в интервале от 0,3 до 5 кВт в зависимости от модификации. Опытный образец такого телекоммуникационного комплекса установлен в Московской области и прошел весь комплекс необходимых испытаний. Так же вторичные энергоресурсы используют не только для получения электроэнергии, но и для отопления и нагрева воды [8].

Потенциал геотермальной энергетики в России велик. В настоящее время она вырабатывает около 10% от мирового производства энергии с помощью геотермальных источников, что составляет около 1,9 тыс. МВт. По оценке экспертов, только Камчатка в состоянии производить около 5 тыс. МВт энергии, используя геотермальные источники [9]. Также одним из перспективных направлений использования АИЭ является применение энергии водорода. Это связано с тем, что эффективность применения водородного двигателя в 2-3 раза выше, чем стандартного двигателя внутреннего сгорания.

Для того, чтобы сжигание биомассы было экономически выгодным, необходимо выполнять её переработку вблизи сырья. Из-за чего имеет применение в ограниченном списке регионов. Например, в Черноземье, Краснодарском крае, Центральной части России и Юге Сибири. Данный подход позволяет получить довольно большое количество энергии по небольшой цене, что эффективнее других источников энергии для этих регионов [9, 10].

Таким образом, можно прийти к выводу, что относительно прошлого года использование альтернативных источников энергии принимает постепенный рост и находит применение в инновационных разработках. Но несмотря на это на фоне общего использования традиционной энергетики процент внедрения ВИЭ в России существенно мал и требует значительной доработки. Это связано с тем, что в настоящее время невозможно и нерационально полностью перейти на выработку электроэнергии при помощи АИЭ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кравченко Е.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. 214 с.
2. Баранов Н.Н. Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии. М.: МЭИ, 2012. 384 с.

3. Гашо Е.Г., Кондрахов В.А. Повышение эффективности и безопасности энергосистемы Калининградской области за счёт возобновляемых источников энергии // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 224-230.

4. Система государственного стимулирования хранения электроэнергии в России [Сайт]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/489> (дата обращения: 27.09.22)

5. Отчет о функционировании ЕЭС в России в 2021 году. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-disc/tech-disc2022/tech-disc2022ups/> (дата обращения: 28.09.22)

6. Рычков В.В., Вишнякова К.В., Солдатенкова Е.И., Трубаев П.А. Оценка величины вырабатываемой электроэнергии ветряными электростанциями в Белгородской области // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 132-138.

7. Рычков В.В., Солдатенкова Е.И., Трубаев П.А. Оценка величины вырабатываемой электроэнергии солнечными электростанциями в Белгородской области // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 138-141.

8. Аляутдинова Ю.А. Использование солнечной энергии для снижения теплопотерь здания // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 47-52.

9. Свалова В.Б. Альтернативная энергетика: проблемы и перспективы // Мониторинг. Наука и технологии. 2015. №3. С. 82-97.

10. Бухмиров В.В., Солнышкова Ю.С., Савельева М.А. Биоэнергетическая станция "Эковольтагро" для переработки органических отходов // Агротехника и энергообеспечение. 2018. № 1 (18). С. 60-69.

УДК 620.9: 303.094.7

Семи́н Д.И.

Научный руководитель: Гибадуллин Р.Р., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет,

г. Казань, Россия

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОБОРУДОВАНИЯ ПО СОСТОЯНИЮ НА ПРИМЕРЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВЕТРЯНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

На сегодняшний день техническое обслуживание электрооборудования на предприятиях осуществляется по одной из трех

стратегий: обслуживание по событию, по регламенту и по состоянию.

Обслуживание по регламенту – самая распространенная стратегия, но она имеет свои минусы.

Сегодня за графики обслуживания и ремонтов оборудования в энергетике ответственны производитель оборудования или надзорный государственный орган. Именно они определяют и утверждают графики ремонтов. Иногда бюджетные ограничения приводят к тому, что ремонт по регламенту становится ремонтом по событию. То есть, оборудование обслуживается по факту возникновения аварии [1].

Выход из этой ситуации – это цифровизация производства, предиктивная аналитика, непрерывный мониторинг технического состояния оборудования и переход к обслуживанию по состоянию [2].

Концепцию обслуживания по состоянию можно объяснить на примере так называемой P-F кривой, изображенной на (рисунке 1).

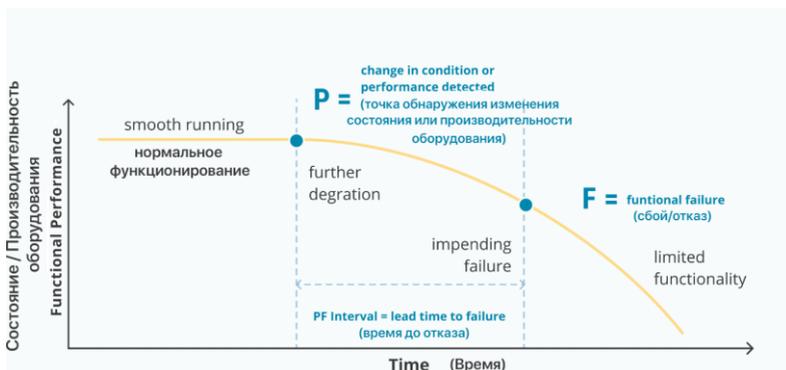


Рис. 1 P-F кривая

Кривая упрощенно изображает жизненный цикл оборудования. В определенный момент состояние оборудования доходит до момента, когда его состояние изменилось настолько, что дефект можно было обнаружить на стадии развития, еще до того, как он привел к отказу. На графике это точка P. Если дефект не устранить на этом этапе, он будет развиваться до тех пор, пока не произойдет отказ оборудования, требующий его замены или существенной замены деталей (точка F). Выходит, что PF – это временной интервал развития дефекта, в течение которого его можно устранить с наименьшими потерями. Проблема заключается в том, что интервал PF может иметь разную продолжительность[3].

Таким образом, если на предприятии применяется система плано-предупредительных ремонтов, то их интервал может не

совпасть с интервалом РР, и возможность раннего устранения дефекта будет потеряна.

Применяя же стратегию обслуживания по состоянию, возможно непрерывно следить за техническим состоянием объекта мониторинга. Это достигается путем установки на оборудовании датчиков, измеряющих показатели на основных его элементах [4].

Чтобы иметь возможность прогнозирования дефектов, можно обратиться к технологии цифрового двойника. Цифровой двойник – это виртуальный аналог физического устройства, предприятия или процесса, который существует в реальности. Данная технология моделирует процессы, технические характеристики и поведение реальных объектов, учитывая условия окружающей среды. Для работы цифрового двойника как раз и необходима информация с датчиков, установленных на реальных объектах.

Модель объекта или предприятия создается с помощью специального программного обеспечения и называется имитационной моделью. Далее на примере имитационной модели технического обслуживания ветряных турбин будут показаны открывающиеся возможности.

В программном продукте “AnyLogic” была разработана простая имитационная модель ветряной электростанции, в которой требовалось осуществить контроль за состоянием ветряных турбин и автоматическое принятие решений исходя из полученных данных [5].

Модель состоит из 10 ветряных турбин, случайно расположенных в пространстве и одновременно работающих. Было задано поведение этих турбин, предусматривающее три состояния: нормальное, с развивающимся дефектом и состояние отказа. На (рисунке 2) изображен интерфейс программы на данном этапе с функциональной диаграммой состояний турбины.

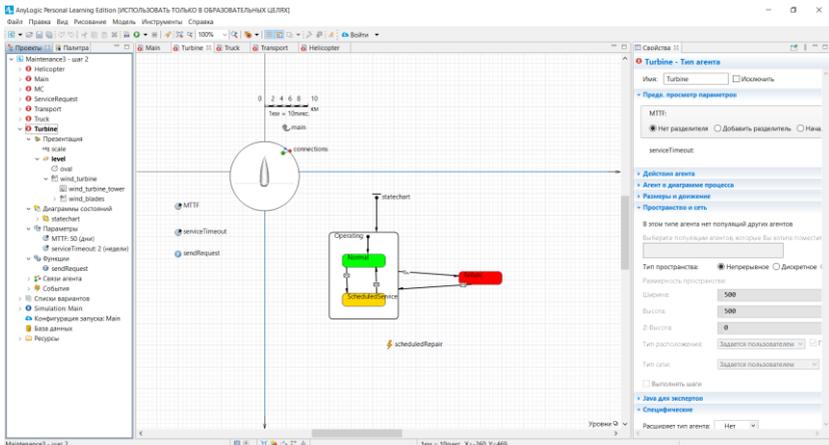


Рис. 2 Диаграммы состояний турбины

При переходе турбины из нормального состояния в любое из оставшихся, требуется вмешательство. Поэтому задана логика ремонта (рисунок 3).

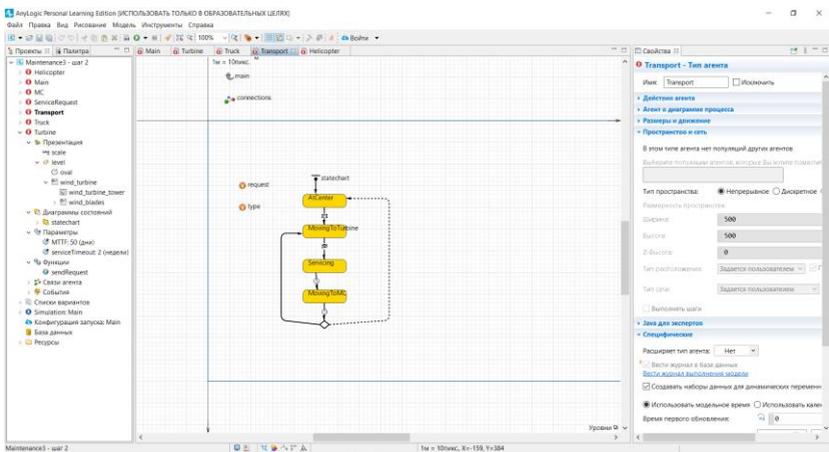


Рис. 3 Задание логики ремонта

При переходе в состоянии с развивающимся дефектом, датчик с турбины отправляет сигнал в сервисный центр, и к турбине направляется ремонтная бригада. А при переходе в состояние отказа, отправляется другой сигнал, требующий срочного ремонта, и тогда к

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hupje E. 9 Types of maintenance: How to choose the right maintenance strategy / E. Hupje // roadtoreliability.com, 2019. – URL: <https://roadtoreliability.com/types-of-maintenance/> (дата обращения: 01.10.2022).

2. Кораблев А.В. Ключевые функциональность и преимущества использования цифровых двойников в промышленности / А.В. Кораблев // digital-economy.ru, 2018. – URL: http://digital-economy.ru/images/easyblog_articles/481/DE-2019-02-01.pdf (дата обращения: 02.10.2022).

3. Бочаров Е.П., Алексенцева О.Н., Ермошин Д.В. Имитационная модель производственного процесса как элемент системы управления промышленным предприятием / Е.П. Бочаров, О.Н. Алексенцева, Д.В. Ермошин // cyberleninka.ru – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-model-proizvodstvennogo-protsessa-kak-element-sistemy-upravleniya-promyshlennym-predpriyatiem/viewer> (дата обращения: 03.10.2022).

4. Усанов, Д.И. Имитационная модель оценки производственных мощностей Аксуского завода ферросплавов / Д.И. Усанов // cyberleninka.ru, 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-model-otsenki-proizvodstvennyh-moschnostey-aksuskogo-zavoda-ferrosplavov/viewer> (дата обращения: 04.10.2022).

5. Григорьев И. Anylogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию / И. Григорьев // anylogic.ru, 2015. – URL: <https://www.anylogic.ru/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials> (дата обращения: 01.10.2022).

УДК 662.998

Туляков Е.И.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород*

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ РУЛОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ВСПЕНЕННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Из-за погодных особенностей постоянное обеспечение населения и индустрии тепловой энергией в России является важной социальной и экономической проблемой. На сегодняшний день отпуск тепловой

энергии потребителям городам и населенным пунктам осуществляется и будет продолжаться осуществляться от мощных систем централизованного теплоснабжения, которые имеют в качестве источников тепла районные бойлерные или же теплоэлектроцентрали. В современных системах централизованного теплоснабжения, наравне с источниками теплоты, тепловые сети обладают первостепенным значением в обеспечении потребителей теплом. Помимо этого, они являются главным источником потерь и затрат тепловой энергии при транспортировке тепла и сетевой воды потребителям.

Имея во внимание данные различных статистик и сведения ряда фирм, можно утверждать, что готовые теплопотери и издержки на транспортировку сетевой воды, при заданной протяженности тепловых сетей, составляют довольно значительную величину. В связи с этим, снижение теплопотерь может обеспечить большой энергосберегающий эффект, а также поможет снизить тарифную плату на тепловую энергию и затраты на топливо [1].

Изменение теплопотерь в сетях помимо экономии тепловой энергии при наличии регуляторов на абонентских вводах приводит к изменению температуры в обратной линии, к снижению расхода воды в тепловых сетях, затрат электрической энергии на транспортировку теплоносителя, а также эффективности выработки тепла на теплоэлектроцентралях.

В настоящее время главными видами теплопотерь в тепловых сетях России являются потери через изолированные поверхности оборудования, а также трубопроводов и потери через тепловую изоляцию трубопроводов тепловых сетей [2].

Самым действенным из современных энергосберегающих технологий является использование в качестве тепловой изоляции [3, 4]:

- пенополиуретана (ППУ);
- минеральной ваты;
- пенобетонов;
- материалов «пенофол» и «армофол».

«Пенофол» – это теплоизоляционный рулонный материал на основе вспененного полиэтилена с закрытыми порами, дублированный с одной или с двух сторон полированной алюминиевой фольгой (см.рис.1).

Этот материал имеет ряд преимуществ, одни из которых это нетоксичность и весьма малый вес и отличнейшие теплоизоляционные показатели, он не подвержен к образованию грибка и плесени. Проверено, что пенофол толщиной в четыре миллиметра с

двухсторонним фольгированием, может заменить пенопласт толщиной в три сантиметра или минеральную вату, с толщиной слоя до восьми сантиметров. Это и вправду отличные теплоизоляционные свойства, которые дают возможность применять пенофол при утеплении даже наружных стен дома.

Принцип действия пенофола основан на работе «сосуда Дьюара». Джеймс Дьюар, еще в начале XX века, выяснил, что любое вещество обладает определенным сопротивлением к передаче тепла. Независимо от значения этого показателя, материал может только замедлить процесс передачи тепла, но не остановить его полностью. Одновременно, вещество аккумулирует тепловые волны, тем самым, накапливая энергию в себе. Через некоторое время происходит перенасыщение, и материал начинает выделять тепло.

В ходе экспериментов Джеймс Дьюар определил ряд веществ, которым свойственно не поглощать энергию тепла, а отражать ее. К таким материалам относятся: драгоценные металлы (золото, платина, серебро) и чистый, отполированный алюминий. Лучи тепла, достигая поверхности металла, отражаются почти на 99%. Но, «отражатели» - хорошие проводники тепла, поэтому их необходимо использовать в паре с материалами, способными к поглощению тепла.

Похожий принцип работы имеет обычный термос, а исследования ученого были положены в основу создания скафандров для космонавтов и теплоизоляционных материалов отражающего типа.

Теплоизоляционный материал формируют в виде рулона, ленты или мата. Маты могут быть использованы и товарах народного потребления для спальных принадлежностей у охотников, туристов.

Примечательно, что впервые пенофол применили в Америке при изготовлении скафандров для космонавтов. Позже Российская Федерация нашла применение пенофолу, как строительному материалу.

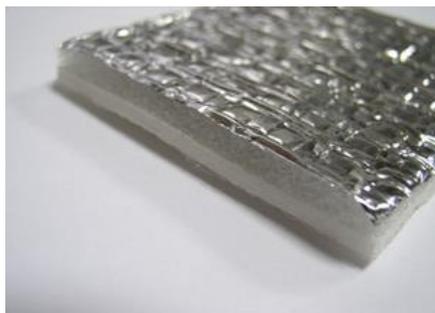


Рис. 1 Материал пенофол

Производятся различные виды данного материала (например, тип А – это односторонний материал, В – двухсторонний, С – самоклеящийся материал.

Области применения пенофола довольно обширные:

1. Утепление помещений (подкровельные материалы («ПЕНОФОЛ» А, В, Кватро, и так далее; тёплый пол (тип А-LP); ограждающие конструкции («ПЕНОФОЛ» А, В, С, Кватро и так далее);
2. Утепление лоджий, бань, саун и т.д. (тип А, В).
3. Вентиляция и кондиционирование («ПЕНОФОЛ» С).
4. Отопление и водоснабжение («ПЕНОФОЛ» А) (см.рис.2).
5. Климатические камеры, изоляция технологического оборудования (тип С).

Более подробные преимущества материала пенофол:

1. Экологичный, так как он экологически чистый и безопасный при работе, не требует средств персональной защиты;

2. Пожаробезопасный, так как он не поддерживает горение; надежно защищает от конденсата и тепловых потерь, что позволяет значительно сэкономить;

3. Данный материал технологичный: теплоизоляционные изделия в виде трубок и рулонов готовы к монтажу, легко устанавливаются в проектное положение на месте устройства теплоизоляционной конструкции. Некоторые виды материала самоклеящиеся, что облегчает их применение (тип С);

4. Имеет низкий коэффициент паропроницаемости. Вспененный полиэтилен препятствует проникновению влаги в строительную конструкцию;

5. Имеет значительную коррозионную стойкость. Изделие обладает повышенной стойкостью к воздействию агрессивных строительных материалов, а также органических кислот. Возможно использование в помещениях, содержащих в воздухе пары кислот и щелочей, в особенности сельскохозяйственного назначения («ПЕНОФОЛ» А-LP);

6. Имеет низкую теплопроводность;

7. Пенофол долговечен. Считается, что срок службы такой теплоизоляции 20-25 лет при соблюдении правил эксплуатации.



Рис. 2 Изоляция труб на открытом воздухе и в помещении

Недостатком пенофола при использовании его в качестве теплоизоляции является увеличение толщины вспененного полимера для увеличения тепловой и звукопоглощающей эффективности [5].

Важнее всего рассмотреть теплоизоляционные свойства материала пенофол (см. табл.1).

Таблица 1 – Теплоизоляционные свойства материала пенофол

Диапазон рабочих температур		
Материал	Диапазон рабочих температур, °С	
Пенофол А, В, А-LP	От -60 до +100	
Пенофол С	От -60 до +60	
Пенофол Кватро	От -60 до +95	
Пенофол А, В, А-LP	От -60 до +100	
Коэффициент теплопроводности		
Материал	Теплопроводность λ , Вт/м·°С	Толщина, мм
«ПЕНОФОЛ» В-04 (двустороннее фольгирование)	0,049-0,050	4 мм, две воздушные прослойки (10 мм)
Кирпич глиняный на цементно-песчаном растворе	0,56	606
Пенополистирол	0,043	50
Минеральная вата	0,047	60
Коэффициент паропроницаемости		
Теплоизоляционный материал	Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)	

Вспененный полиэтилен	0,001
Пенополистирол	0,05
Минеральная вата	0,05
Стекланная вата	0,50

Материал пенофол получил широкое распространение на сегодняшний день благодаря многим преимуществам над традиционными материалами и являются довольно перспективными в энергосбережении. Именно поэтому, имея во внимание его преимущества и не критические недостатки, стоит сделать выбор в его пользу при выборе вида изоляции не только трубопроводов и сетевых магистралей, но и поверхностей стен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пучка О.В., Сергеев С.В., Вайсера С.С., Калашников Н.В. Высокоэффективные теплоизоляционные материалы на основе техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 52-55.

2. Шойхет Б.М. Проектирование тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей // Энергосбережение. 2015. № 1. С. 54-56.

3. Загороднюк Л.Х., Корякина А.А., Севостьянова К.И., Хახелева А.А. Теплоизоляционные композиционные смеси с техногенными материалами // Энергетические системы. 2017. № 1 С. 490-495.

4. Лучшая высокотемпературная теплоизоляция 2021 года [Сайт]: MAGICAD SU Онлайн-журнал о безопасности дома / URL: <https://magicad.su/ogneuporna-a-izolacia.html> (дата обращения 26.10.2022 г.).

5. Акимов М.П., Мордовской С.Д., Старостин Н.П. Расчет толщины теплоизоляции и величины заглубления подземных полиэтиленовых трубопроводов теплоснабжения в регионах с многолетнемерзлыми грунтами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 11. С. 29-56.

УДК 620.92

Туляков Е.И.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИИ В ПЕРИОД С 2000 ГОДА ПО 2022 ГОД

На данный момент, вопросы ресурсосбережения, ухудшения экономических и экологических показателей стоят не только в России, но и по всему миру, на первом месте. В данной работе рассматривается эффективность использования геотермальной энергии в России за последние двадцать два года.

Ресурсы конечны - этот факт, как нельзя кстати подходит под острую проблему ресурсосбережения нашей страны, которая всегда была богата различными видами ископаемых топлив, такие как нефть, газ, уголь и так далее, на основе которых вырабатывается более 85 % потребляемой энергии [1], однако так будет не всегда и на их смену рано или поздно придут альтернативные источники энергии, в том числе и геотермальная энергия [2].

Целью исследования является оценка эффективности развития геотермальных станций и в целом направления использования геотермальной энергии в России в период с 2000 года по 2022 год.

Геотермальная энергетика представляет собой получение электрической или тепловой энергии за счёт тепла из земных глубин в результате физико-химических процессов, которые нагревают подземные воды или твердые породы.

Геотермальная энергия имеет ряд следующих преимуществ: независимость использования от погодных условий, не требуются поставки топлива из внешних источников, электростанции не занимают много места, низкие эксплуатационные затраты и многие другие. Геотермальная энергетика имеет экономическую выгоду в тех районах, где горячие воды приближены к поверхности земной коры, в районах с имеющейся вулканической активностью и многочисленными гейзерами.

Однако, имеются и отрицательные моменты. Использование геотермальных источников энергии на территории России встречает следующие технологические трудности: снижение срока службы оборудования за счет отложений химических веществ,

неравномерность расположения месторождений глубинных термальных вод и высокие капитальных затраты.

Методикой исследования будет проведение анализа использования геотермальных станций и определение текущих и возможных рисков, а так же обзор энергетических районов и потенциальных геотермальных источников [3].

Существуют несколько факторов, ведущих к увеличению доли и эффективности использования геотермальных источников тепла: во-первых, существуют данные, доказывающие, что температура земли с каждым годом увеличивается [4], а во-вторых, потребность в электроэнергии стремительно растет, и в-третьих – это тенденция стремления стран к переходу от углеродных источников энергии к альтернативным при наименьших затратах, что является в том числе приоритетом и для России.

Так сложилось, что в Российской Федерации использование геотермальных источников не распространено: с периода 1990-2000 года и по 2022 год мощность увеличилась с 11 МВт до 74 МВт. Как говорят источники, по состоянию на 2020 год, в России эксплуатируются пять геотермальных электростанций общей мощностью 81,4 МВт, три в Камчатском крае и одна в Сахалинской области (Курильские острова) (см.табл.1). В 2018 году они выработали 427 млн кВт·ч электроэнергии. На 2020 год мощность геотермальной энергетики составляла 74 МВт [2].

Имея во внимание все преимущества данного источника энергии, у России есть потенциальные потребители для использования геотермального получения электроэнергии. Такие районы как Якутия и Чукотка имеют холодный климат и наличие дополнительной тепловой энергии без использования топлива будет экономически выгодно (см. рис.1).

Однако одновременно с этим необходимо провести дополнительные технические исследования для повышения износостойкости оборудования и повысить их срок полезного использования, кроме этого, выработать единую методику ухода за оборудованием [5]. Для этого необходимо учесть приобретенный опыт за 22 года, проанализировать успехи и ошибки соседних стран [6], а также вкладываться не только, в совершенствование оборудования, но и в потенциальные кадры, что и происходит со стороны государства в виде поддержки станций государственными компаниями, такими, например, как «Русгидро» [6].

Таблица 1 – Основные геотермальные электростанции в России

Станция	Мощность	Расположение	Технология
Паужетская ГеоЭС	12-17 МВт	Западное побережье Камчатки	Бинарный энергоблок
Верхне-Мутновская опытно-промышленная ГеоЭС	12 МВт	Юго- восток Камчатского полуострова	Три энергоблока по 4 МВт
Океанская ГеоЭС (на данный момент выведена из эксплуатации)	2,5 МВт	Остров Итуруп Курильской гряды	Два энергомодуля "Туман-2А"
Мутновская ГеоЭС	50 МВт (80МВт - планируется)	Юго-восток Камчатки	Использование энергии гейзеров
Менделеевская ГеоТЭС (ведутся работы)	3,6 МВт-7,4 МВт	Южно-Курильск	Нет данных

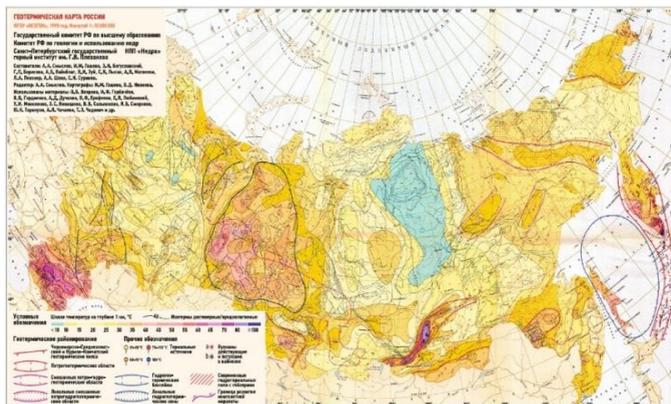


Рис. 1 Карта геотермических ресурсов Российской Федерации [7]

Очевидно, делая вывод из показателей производительности и приобретенного опыта с 2000 по 2022 год, Россия находится на начальном этапе развития, и, хотя существуют большое количество научных публикаций, государство ставит иные приоритеты развития. Так как развитием геотермальной энергетикой занимается одна государственная компания, то нет должного рычага воздействия со стороны.

Наиболее эффективным решением будет использование опыта более развитых в этой сфере стран и применение полученных практик в своей перспективе. В ближайшем будущем планируется более глубокий анализ эффективности использования геотермальной энергии, основываясь на последующих данных этой развивающейся промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петкевич А.П., Тихомирова Т.И. О потенциале энергосбережения 2015-2020 г. // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 128-132.

2. Холкин Н. А., Головина Е.И. Экономическая эффективность использования геотермальной энергии в северо-западном регионе России // Цифровые технологии в экономике и промышленности (ЭКОПРОМ-2019): Сб. тр. нац. науч.-практ. конф. с межд. участием. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 325-331.

3. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России // Образование, наука, производство. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 1225-1231.

4. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Модель распределения изменяющихся климатических параметров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.

5. Рязанова Г. Н. Организационное решение проблемы координации спроса и потребления альтернативной энергии на промышленных предприятиях России // Управление. 2016. Том 4, № 3. С. 46-56.

6. Волгапкина А. А., Шаркова А.В. Геотермальная энергетика: сравнительная характеристика США и России // Развивая энергетическую повестку будущего: Сб. докл. Межд. науч.-практ. конф. для представителей сообщества молодых инженеров ТЭК. СПб: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2021. С. 283-288.

7. Ушаков В. Я. Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды. Томск: СибГрафик, 2011. 138 с.

УДК 504.03

Туляков Е.И.

*Научный руководитель: Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород*

СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ «ЗЕЛЕНОГО ЭНЕРГОПЕРЕХОДА» В МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Набирающий темпы глобальный кризис, сформированный пандемией, событиями в Америке с 2013 года, напряжения в Европе и Азии, стремительно меняет мировые процессы. Одна из самых мощных мировых задач и направлений является достижение к 2050 году углеродной нейтральности (сценарий Net Zero), обещающий кардинальным образом перестроить глобальную экономику. Развитые страны предлагают минимизировать использование ископаемых видов топлива для сокращения выбросов CO₂, связывая их влияние с изменением климата.

Несмотря на имеющиеся до сих пор раскол между учёных по вопросу о причинах климатических изменений, политики и общественность прямо связывают данное явление с антропогенными факторами, что ставит негативное отношение к современной промышленности и энергетике.

Согласно результатам Европейского социального исследования, проведенного в 2018 году в рамках проекта «Общественные установки по отношению к системе социального обеспечения, изменению климата и энергобезопасности в Европейском Союзе и России (PAWCER)», только 9% респондентов считают, что изменение климата вызвано исключительно или в основном естественными процессами [1].

Обеспокоенность жителей Европы проблемой изменения климата находится на уровне 76%, при этом жители Южной Европы проявляют большую обеспокоенность, чем в странах Восточной Европы (см.рис.1). Доля обеспокоенных изменением климата россиян находится ниже среднеевропейского уровня - 64%.

Данные ESS показывают, что жители большинства стран-участниц исследования весьма обеспокоены тем, что энергосистемы их стран построены на основе ископаемого топлива. Возможными путями снижения такой зависимости и, тем самым, проведения более успешной политики по предотвращению изменения климата Земли, является переход на более широкое использование ядерной энергии [2] и использование различных возобновляемых источников [3] – меры,

которые уже предпринимаются в целом ряде стран на протяжении последних лет.

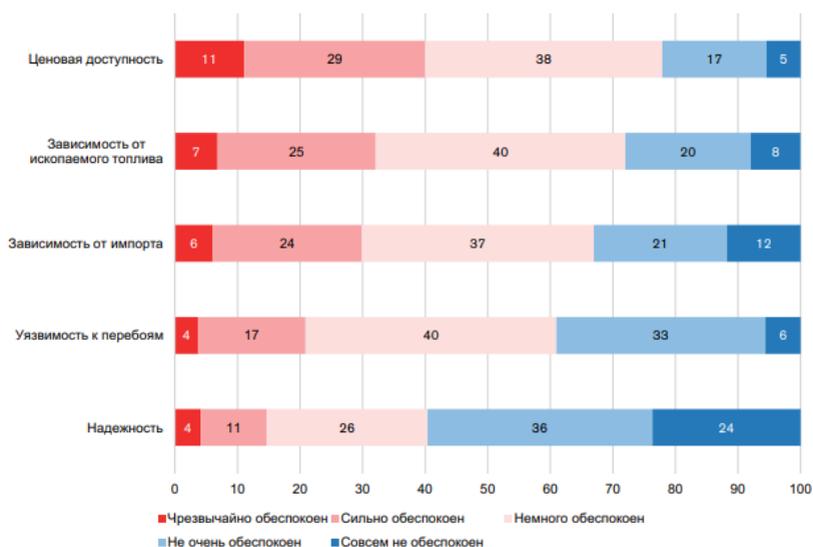


Рис. 1 Обеспокоенность различными аспектами энергетической безопасности (%)

Однако переход на такие источники энергии связан и с дополнительными проблемами - финансовыми затратами, недостаточной эффективностью этих источников, связанной в том числе с различными климатическими условиями [3], а также с возрастающими технологическими рисками. Все эти проблемы являются предметом широкой и острой общественной дискуссии в странах Европы.

Таким образом, отношение общественности к вопросу об изменении климата и энергобезопасности довольно противоречиво: с одной стороны, люди поддерживают идею борьбы с изменением климата, с другой — не готовы сами и не поддерживают эффективные меры государственного регулирования в области энергопотребления и энергопроизводства.

23 апреля 2021 года Джо Байден проводит в формате видеоконференции международный саммит по вопросам борьбы с изменением климата. В саммите приняли участие 40 мировых лидеров, в том числе и президент России В.В. Путин.

Ряд экспертов расценил данную инициативу США как «очередную попытку сохранить свою роль в мировом сообществе как страны-лидера», на этот раз, в формировании новых экологических норм и правил. На саммите были озвучены цели стран-участниц по сокращению выбросов парниковых газов (к 2030 году по сравнению с уровнем 2005 года): США – на 50%-52%, Канада - на 40-45%, Япония - на 46%, ЕС - на 55% по сравнению с уровнем 1990 года, Великобритания - на 78% к 2035 году по сравнению с уровнем 1990-х гг. К слову, Китай объявил о планах стать углеродно нейтральным к 2060 году.

На саммите Россия выразила заинтересованность в налаживании широкого международного сотрудничества, направленного на преодоление негативных последствий глобального изменения климата. В стране планируется дальнейшая масштабная программа экологической модернизации и повышения энергоэффективности во всех секторах экономики.

В рамках международного сотрудничества Россия готова предложить целый набор совместных проектов. При этом утверждалось, что глобальное развитие должно быть для всех стран без исключения не просто «зелёным», но и устойчивым во всей полноте этого понятия, включая борьбу с бедностью и сокращение разрывов в развитии между странами.

Российская экономика из-за энергетического перехода может столкнуться с рядом рисков, так как страна является одним из крупнейших мировых поставщиков углеводородов, ВВП которой напрямую зависит от сырьевого экспорта. Самым серьёзным вызовом станет критическое снижение ресурсного экспорта. Внутри страны производство топлива может снизиться на 72% в части нефти и газового конденсата, энергетического угля - на 90%, газа – на 52%. Поскольку доля нефтегазовых доходов российского бюджета составляет около 28 % (по итогам 2020 года), уже к 2035 году доходы бюджета могут сократиться примерно на 5 трлн. рублей.

Как следствие ожидается снижение доходов населения. По данным Росстата, в 2020 году из-за последствий пандемии реальные доходы населения снизились на 3,5%, за чертой бедности оказалось более 19 млн. россиян. Из-за глобального энергетического перехода к 2050 году доходы могут снизиться до 14% уже через 15 лет.

Еще одним риском может стать проблема занятости, прежде всего в нефтедобывающих и угольных регионах страны. В целом же Россия столкнется с серьёзным снижением уровня и качества жизни. Если развитые страны более-менее к этому готовы, то развивающимся

странам отказаться от дешевой энергии в пользу более дорогой будет сложно. Поэтому адаптация таких стран, в том числе и России, к новой реальности будет сложной.

Развитие России не может происходить в отрыве от мировых тенденций, но оно должно быть увязано с национальными интересами и реальными местными условиями [5]. Для адаптации страны к мировому энергопереходу в августе 2021 года были созданы рабочие группы. На сегодняшний день в России разрабатывается программа по переводу экономики на более экологичные источники энергии.

Её основные направления:

- расширение использования новых и прорывных технологий (в том числе с возможностями выработки и использования водорода), атомной и гидроэнергетики;
- внедрение системы налоговых стимулов для тех, кто переходит на «зеленые» технологии и сокращает выбросы;
- ускорение технологической модернизации различных отраслей экономики и внедрение новейших доступных технологий [6];
- продвижение российских технологий на международный рынок;
- использование возможностей регионов, в том числе при международной торговле.

Реализация всех мер по энергопереходу должна ориентироваться на ключевые принципы устойчивого развития - социальную справедливость, экономическую эффективность и экологическую безопасность [7]. Игнорирование любого из этих принципов ведет к серьезным социальным потрясениям. А сбережение природы за счет снижения качества жизни населения в принципе не приемлемо с точки зрения социальной справедливости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Установки россиян и европейцев в отношении системы социального обеспечения [Сайт]: Данные Волны 8 Европейского Социального Исследования (ESS) / URL: <https://www.europeansocialsurvey.org> (дата обращения 26.10.2022 г.).

2. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. М. Энергоатомиздат, 1990. С. 392.

3. Нестеров М.Н., Трубаев П.А., Михайлова М.Ю. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 208-211.

4. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Модель распределения изменяющихся климатических параметров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.

5. Трубаев П.А., Буланин А.В., Ширрине К.Ж., Кошлич Ю.А. Особенности исполнения программного компонента по управлению энергетическими ресурсами Белгородской области // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 350-356.

6. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России // Образование, наука, производство. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 1225-1231.

7. Пророкова М.В., Бухмиров В.В. Энергосбережение и качество микроклимата // Вестник Череповецкого государственного университета. 2015. № 2 (63). С. 32-35.

УДК 662.76

Уткин М.О., Россамахина Н.С.

Научный руководитель: Дмитриев А.В., д-р техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ОТ АВТОНОМНЫХ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПУНКТОВ НА БАЗЕ ГАЗОВОГО ГЕНЕРАТОРА С ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА

В данной работе рассматривается концепция автономного источника питания на базе газового генератора с двигателем Стирлинга с целью обеспечения электроснабжения удаленных объектов нефтегазовой отрасли, не имеющих возможности подключения к электрической сети УКПГ или электрической сети региона. Для реализации работы данного источника питания предлагается использовать фильтр-сепаратор, позволяющий очистить «сырой» газ для использования его в качестве топлива. Дополнительно рассматривается возможность питания подобных объектов от ВИЭ, проблематика проведения расчетов, проектирование и реализация подобных проектов, а также утилизация энергетических комплексов.

Развитие ТЭК Российской Федерации требует задействование все новых и новых производственных площадок и добыча нефти и газа из отдаленных от линий электропередач месторождений. В связи с этим остро стоит проблема электроснабжения объектов при отсутствии гарантированного питания от ЛЭП или полного отсутствия

подключения к электрической сети. В данном случае находят широкое применение возобновляемые источники энергии, а именно солнечная и ветровая энергетика [1].

Автономные энергетические комплексы на базе возобновляемых источников энергии способны не только обеспечивать электроснабжение потребителей, будь то крановый узел, месторождение (куст) или вышка связи, но и аккумулировать электроэнергию. Аккумуляция электроэнергии позволяет автономным источникам питания выдавать заданную мощность не только при номинальной нагрузке, но и запитывать кратковременно силовую нагрузку – исполнительную арматуру, клапана, оборудование периодического использования, оборудования пуско-наладочных или ремонтных работ. Однако, питание от возобновляемых источников энергии может быть ограничено климатическими особенностями региона или же потребностью в питании большого количества устройств. Требование питать больше, чем возможно, приводит к серьезному удорожанию подобных проектов приводя к установке 5-10 типовых энергетических комплексов для 1-го объекта. Поэтому возможность питания объекта от газовых генераторов остается актуальной на сегодняшний день.

Основными лидерами на Российском рынке в области автономных энергетических комплексов являются ведущие предприятия, такие как НПО «Вымпел», ЗАО НИЦ «Инкомсистем» и другие компании.

В большинстве случаев для питания потребителей на рынке предлагается использовать солнечные панели и ветрогенераторы в качестве основных источников энергии.

Также не исключается третьего и четвертого источников электроснабжения, таких как дизельгенератор, термогенератор, газовый генератор, ТВЭЛ, геотермальные установки, тандеры, установки на основе энергии приливов.

В разрабатываемых системах зачастую придерживаются основному принципу энергетики – «сколько энергии вырабатывается, столько и потребляется». Поэтому в случае отключения потребителей или избыточности мощности, энергия сбрасывается на балласт – ТЭН. Тем самым мы обеспечиваем баланс электрической мощности и не допускаем перезаряд АКБ.

Для газовых генераторов необходимо применение специальных фильтров-сепараторов, способных очистить сырой природный газ от механических примесей и жидких фаз углеводородов и воды. При использовании готового продукта с УКПГ дополнительно требуется

организация узлов коммерческого учета и установок по редуцированию газа.

Еще одной особенностью построения энергетических комплексов на ВИЭ состоит в отсутствии утвержденных ГОСТ расчетных методик и практико-теоретических таблиц. Дополнительно в России не существует единой базы солнечной радиации по регионам, да имеются карты, но они носят не расчетный, а информационно рекомендательный характер. Данные их примерны и иногда не верны вовсе [2...3].

Однако, существуют и проблемы использования ВИЭ. Во-первых, солнечная и ветровая энергия не постоянна и производство электроэнергии от нее производится периодически. Во-вторых, не каждый территориальный регион подходит для 100 % использования ВИЭ в связи с особенностью рельефа, наличия солнечной радиации и ветровой нагрузки. Иногда целесообразнее использовать газ, ядерное топливо или в редком случае дизельные генераторы [4...5].

Также стоит проблема утилизации компонентов от возобновляемых источников энергии, таких как солнечные элементы, пластиковые корпуса, металлоконструкции, корпус фильтра-сепаратора и др. Да, концепция «чистой энергии» и экологичность производств, однако, в связи с удаленностью объектов вывоз на утилизацию зачастую не возможен (отсутствие дорог и речных путей).

Таким образом возобновляемая энергетика несмотря на все трудности применения продолжает свое развитие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бердин В.Х., Кокорин А.О., Юлкин Г.М., Юлкин М.А. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. – 80 с.

2. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 187 с.

3. Солнечные панели или ветрогенераторы: что выбрать для домашней электростанции // iXBT Live [2021]. Дата обновления: 2021. URL: <https://www.ixbt.com/live/topcompile/solar.html> (дата обращения: 07.09.2022).

4. Кирпичникова И.М. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие к практическим занятиям/ И.М. Кирпичникова, Е.В.Соломин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 50 с.

5. Братошевская В. В., Устов Е. Б. Влияние аэродинамических параметров на композиционные решения высотных зданий // Вестник евразийской науки. 2019. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-aerodinamicheskikh-parametrov-na-kompozitsionnye-resheniya-vysotnyh-zdaniy> (дата обращения: 29.09.2022).