

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»

Национальная конференция с международным участием
**Международная научно-техническая
конференция молодых ученых
БГТУ им. В.Г. Шухова,
посвященная 300-летию Российской академии наук**



Сборник докладов

Часть 14

Проблемы современной электротехники и энергетики

Белгород
18-20 мая 2022 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43

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. –631 с.

ISBN 978-5-361-01020-2

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Национальной конференции с международным участием «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова», посвященная 300-летию Российской академии наук.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами современной электротехники и энергетики.

УДК 005.745

ББК 72.5

ISBN 978-5-361-01020-2

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

Оглавление

Абдуллин И.И., Мингазов З.Т. ПАРОВАЯ ТУРБИНА	18
Абдуллин И.И., Мингазов З.Т. СОВРЕМЕННЫЕ ПАРОВЫЕ КОТЛЫ.....	21
Аверьянова А.А. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕТЕВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ С ГЛАДКИМИ ТРУБКАМИ И ТРУБКАМИ, ИНТЕНСИФИЦИРУЮЩИЕ ТЕПЛООБМЕН	24
Ахметвалиева Л.Р. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	27
Ахметова А.Т. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН	32
Белов Ю.И. РАБОЧИЕ ТЕЛА ЦИКЛОВ. БИНАРНЫЕ ЦИКЛЫ	36
Белов Ю.И. ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	40
Белозёров Н.С. МЕТОДЫ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНОГО ТОПЛИВА В ТОПКАХ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КИПЯЩИМ СЛОЕМ	44
Белозёров Н.С. УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗО- И ПАРОТУРБИННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....	47
Богданова К.В. УПРАВЛЯЕМОСТЬ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	51
Большакова Н.А.	

ВЛИЯНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩИХ РЕАГЕНТОВ НА РАБОТУ
ДАТЧИКОВ АНАЛИЗАТОРОВ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ... 55

Борзилова Е.Н.

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЁРДОФАЗНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ 60

Борзилова Е.Н.

СУХОЕ АНАЭРОБНОЕ СБРАЖИВАНИЕ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ И
БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ
СОДЕРЖАНИИ ТВЁРДЫХ ВЕЩЕСТВ 67

Борзилова Е.Н.

ОТХОДЫ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ.... 71

Бухарова К.А.

АНАЛИЗ СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ ТУРБИННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-3..... 79

Валеева Г.Р.

ФОРМИРОВАНИЕ ГРУПП ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В
ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРОГРАММЕ СУБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ
..... 83

Валеева Г.Р.

ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ
ЭНЕРГЕТИКЕ 86

Васина А.Ю.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВЕТИТЕЛЬНОГО
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЗНАЧЕНИЙ
КОЭФФИЦИЕНТА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО
ДИАПАЗОНА СВЕТООТДАЧИ..... 89

Ващенко Д.Д., Назаренко Р.С.

ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ 94

Ващенко Д.Д., Драпак А.С.

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА..... 98

Ващенко Д.Д., Драпак А.С.	
ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ГЕОПОЛИТИКА.....	102
Ващенко Д.Д., Назаренко Р.С.	
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ: ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ	106
Ващенко Д.Д., Патрикеев Д.Ю.	
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ: ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ	110
Ващенко Д.Д., Патрикеев Д.Ю.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ. ПОТЕНЦИАЛ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ.....	114
Ващенко Д.Д.	
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	119
Ващенко Д.Д.	
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ	123
Ващенко Д.Д.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕМ ВЫНОСА ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ ЗА КОТЁЛ- УТИЛИЗАТОР.....	128
Виганд И.А.	
СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	134
Виноходова Е. А., Ньямитамбу М.	
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СМОГ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЧЕЛОВЕКА.....	137
Воронин К.П., Поляков С.А., Тельнов А.А.	

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ.....	140
Вяткина А.А.	
ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	147
Ганюшкина Ю.Д.	
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ СВОЕВРЕМЕННОЙ КОРРЕКТИРОВКИ НОРМАТИВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК	151
Гарбузов Д.Д.	
РАЗРАБОТКА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОРТАТИВНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	153
Гусаков Е.Е.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ	158
Гусаков Е.Е.	
СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ.....	163
Гусаков Е.Е.	
МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ	168
Д. Хадил	
РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АЛЖИРСКОЙ НАРОДНОЙ ДЕМОКРАТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	172
Драпак А.С., Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю.	
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ БАШЕННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.....	175
Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С.	
ЗЕЛЕНЫЙ ВОДОРОД КАК НОВЫЙ ИСТОЧНИК ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ С	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	179
Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С.	
ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ И СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ УГЛЕРОДА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ.....	183
Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЖИДКОСТЕЙ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ.....	187
Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С.	
ТЕПЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА И ВОДЫ И РОЛЬ МАТЕРИАЛА КОНДЕНСАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕННИКА	191
Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕСТНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ И БИОМАССЫ.....	195
Драпак А.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	199
Драпак А.С.	
БИОТОПЛИВО КАК БОЛЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД ТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИКЕ.....	204
Драпак А.С.	
СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭЦ.....	209
Дудко К.С.	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ И МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	214
Дьяков Д.Ю.	

ОДНОФАЗНЫЕ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РУДОДОБЫВАЮЩЕГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	219
Дьякова А.К.	
USE OF SOLAR ENERGY	224
Дьякова А.К.	
ШАРОВАЯ МОЛНИЯ КАК ИСТОЧНИК АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ.....	228
Захарчук А.А.	
ОЦЕНКА БИОГАЗА И СИНТЕЗ-ГАЗА КАК ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИГНОЦЕЛЛУЛОЗНОЙ БИОМАССЫ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ..	231
Захарчук А.А.	
УЛУЧШЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНА С ПОМОЩЬЮ NANO-SIO ₂	235
Захарчук А.А.	
СВЯЗЬ МЕЖДУ «УСТОЙЧИВОСТЬЮ ГОРОДОВ» И «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ» В ГОРОДАХ	238
Зиганшина Д.Е.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	243
Зозулева Ю.А.	
ВЛИЯНИЕ ИНФЛЯЦИИ И БЕЗРАБОТИЦЫ НА ЭКОНОМИКУ СТРАНЫ	247
Ибоян Д.Л.	
OIL REFINING NETHODS	253
Инютина А.А.	
МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ	257

Инютина А.А.	
СПОСОБЫ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ.....	262
Инютина А.А.	
ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В РОССИИ.....	266
Истратий И.И., Митина Д.А.	
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТЕРМОЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ.....	270
Ишалин А.В., Гаффанова А.Р.	
PROMISING AREAS FOR HYDROGEN PRODUCTION	275
Капустина Е.В.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ.....	278
Капустина Е.В.	
ОБЗОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ БЕТОНА	284
Капустина Е.В.	
ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ.....	288
Карелкин К.В., Корниенко Д.А.	
ДЕФИЦИТ МИКРОСХЕМ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ В 2020-2021 ГОДАХ	292
Комарцова А.В., Саввин Н.Ю.	
ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГИДРОСТАНЦИИ ШАГОВГО КОНВЕЙЕРА.....	295
Кузнецова А.Д.	
МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 10 КВ	299
Кузьмин С.В.	
МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЛОПАТКАХ ГАЗОВЫХ ТУРБИН	304

Леонов Е.С.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ НИЗКОКАЛОРИЙНЫХ ГАЗОВ
..... 306

Леонов Е.С.

ОБЗОР ВЛИЯНИЯ РАЗБАВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОГАЗА
ПРИ ЕГО СЖИГАНИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ..... 310

Лесниченко И.Н.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В
КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ..... 314

Лихолетов И.А., Саввин Н.Ю., Мишенин А.А.

СПОСОБЫ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ
МНОГОУРОВНЕВОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ..... 318

Маликов Е.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕПЛОЙ
ШАХТЫ..... 323

Маликов Е.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ В
ШАХТАХ..... 327

Маликов Е.А.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ
..... 332

Мальцев К.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В
ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ С ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ КОМПОНОВКОЙ
ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ..... 336

Миловидов И.А.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ НАПРАВЛЕННОЙ
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ НЕСИММЕТРИИ ТОКОВ,
ОБУСЛОВЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ. 340

Минугалиева Д.И.	
ПРЕДПОСЫЛКИ МЕТОДИК РАСЧЕТА РАДИУСА ЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	345
Минько И.А.	
МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РАСХОДА ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ	350
Минько И.А.	
ПЕРСПЕКТИВЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	354
Минько И.А.	
СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ	359
Митина Д.А., Истратий И.И.	
ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ УСТАНОВОК, ОСНОВАННЫХ НА ТЕРМОЯДЕРНОМ СИНТЕЗЕ.....	363
Молчанова Е.С.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ	368
Молчанова Е.С.	
РЕКУПЕРАЦИЯ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ	371
Молчанова Е.С.	
THE USE OF SOLAR ENERGY RESOURCES IN THE PRODUCTION OF ELECTRICITY	375
Нагорных А.В.	
МЕТОДЫ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ ИЗ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	378
Нагорных А.В.	
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	383
Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С.	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЗАВИСИМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ОБЩЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	388
Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ КАК ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЁННОГО ПУНКТА.....	392
Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С.	
МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА.....	395
Назаренко Р.С., Драпак А.С., Патрикеев Д.Ю.	
ИССЛЕДОВАНИЯ СЖИГАНИЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАГРЕТОГО ВОЗДУХА .	398
Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С.	
ПРИМЕНЕНИЕ В БЫТУ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	405
Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С.	
ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ	409
Назаренко Р.С.	
ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЕЭС РОССИИ	413
Назаренко Р.С.	
СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ЗА СЧЁТ СИСТЕМ ЕГО УЛАВЛИВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ.....	417
Назаренко Р.С.	
СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ КАК ОДИН ИЗ ИСТОЧНИКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МАТЕРИАЛАХ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ	421
Найденкова А.А.	
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ.....	425

Накисько Д.Д.	
АСИММЕТРИЯ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ И СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	427
Напойкина А.В., Миниханова А.Р.	
ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ.....	431
Насибян А.А.	
FUSION REACTOR.....	435
Омран Мохаммад	
АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕМЕНТАХ РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫХ ГИДРОТУРБИН РАЗЛИЧНОЙ БЫСТРОХОДНОСТИ	438
Ореховская Е.А.	
КОНСТРУКЦИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ....	443
Панарин Д.А.	
НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ КАПЕЛЬНОГО ПОТОКА ПРИ ДИСПЕРГИРОВАНИИ ВОДЫ ПЛОСКОСТРУЙНЫМИ ФОРСУНКАМИ.....	446
Панарин Д.А.	
НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.....	453
Панарин Д.А.	
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ВЫБРОСОВ	457
Панарин Д.А.	
РАЗРАБОТКА СХЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПАРА СИСТЕМ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	460
Панарин Д.А.	

УЛУЧШЕНИЕ ТЕПЛОАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДНИЩА ГОЛОВКИ ЦИЛИНДРОВ СРЕДНЕОБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ	466
Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С., Назаренко Р.С.	
МЕТОДЫ ОЧИСТКИ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА ТЭЦ	471
Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С., Назаренко Р.С.	
НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ИНФРАКРАСНОГО ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ	475
Патрикеев Д.Ю., Драпак А.С., Назаренко Р.С.	
ДОСТОИНСТВА ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК	480
Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С., Драпак А.С.	
ГАЗИФИКАЦИЯ УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА	484
Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С., Драпак А.С.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛЫХ МОДУЛЬНЫХ РЕАКТОРОВ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	488
Патрикеев Д.Ю., Назаренко Р.С., Драпак А.С.	
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА ИЗ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ	492
Патрикеев Д.Ю.	
ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА	496
Патрикеев Д.Ю.	
ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С БИНАРНЫМ ЦИКЛОМ	500
Прокашев Н.М.	
АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДЕННОЙ ВОДЫ НА ВЫХОДЕ ИЗ ГРАДИРНИ	504
Русанов Е.С.	
ВИДЫ И РЕЖИМЫ ТЕПЛОМАССОБМЕНА	510
Русанов Е.С.	

СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	514
Русанов Е.С.	
ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАГНЕТАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗНЫХ СХЕМАХ СОЕДИНЕНИЯ	518
Саенко А.А.	
АНАЛИЗ, ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ.....	522
Себаштиау Г.Д.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ АНГОЛА	527
Сиделин В.Э. Саввин Н.Ю.	
АТОМНЫЕ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ	531
Солуянов В.И.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ	536
Сопина Ю.В., Гайфиева Л.Ф.	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ	539
Сопина Ю.В., Сагиров В.Р.	
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭНЕРГИИ В КВАРТИРАХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	542
Султанова Р.Р., Арманшин Р.Ф.	
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН	545
Трегуб О.С., Андронник Н.Н.	
АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ЕЁ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	547
Уваров А.Н.	

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ	552
Уваров А.Н.	
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РЕКУПЕРАТОРОВ	556
Уваров А.Н.	
ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУПЕРАТОРА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТЕНДОВ СУШКИ СТАЛРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ	559
Хомич В.С.	
АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	563
Хомич В.С.	
КРИТЕРИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧНЫХ БОЛЬНИЧНЫХ ЗДАНИЙ	570
Хомич В.С.	
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТАНОВКИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ НА КОММУНАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	576
Хомутов С.А.	
ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	580
Хомутов С.А.	
ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ВИДА	587
Хуссейн Х.Х.	
СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ЕГИПТА.....	593

Черкашин Н.А.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ.. 596

Четвериков Д.С.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ КОТЕЛЬНОЙ 600

Четвериков Д.С.

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ 606

Четвериков Д.С.

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НАЗЕМНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ СИСТЕМ ВООРУЖЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА БАЗЕ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА 610

Шакиртов А.И.

СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С КПД 1500% 615

Шебанов В.Ю.

ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА 620

Янгиров А.Ю.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН..... 625

Ясир А.М.

СЕКТОР ВИЭ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ САУДОВСКОЙ АРАВИИ 628

Абдуллин И.И., Мингазов З.Т.

Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет,

г. Казань, Россия

ПАРОВАЯ ТУРБИНА

Сегодня учёные все еще пытаются найти самый эффективный способ по выработке электрической энергии. Из всех существующих способов получения электрической энергии широкое применение получил генератор, который приводится в действие благодаря паровой турбине.

Паровая турбина это один из элементов паротурбинной установки.

Паровая турбина-это машина, с помощью которой тепловая энергия, выделяемая из пара, превращается в механическую энергию вращения ротора генератора. Она состоит ротора и статора.

Ротор -это вращающийся вокруг своей оси вал, который оснащен лопатками.

Статор –это неподвижная часть, в которой есть сопла для передачи пара, нагретого до высоких температур.

Ротор, входящий в состав турбины, опирается на подшипники заключенного в цилиндрический корпус. Ротор вращается паром, ударяющимся о прикрепленные лопасти, на которые он оказывает воздействие в тангенциальном направлении. Паровая турбина рассматривается как сложная серия устройств, похожих на ветряные мельницы, которые собраны на одном валу. Из-за своей способности развивать огромную мощность в сравнительно небольшом промежутке паровая турбина исключила все другие первичные двигатели, за исключением гидравлических турбин, для производства большого количества электроэнергии и обеспечения движущей силы для больших высокоскоростных судов. Сегодня агрегаты, способны вырабатывать более 1,3 миллиона киловатт энергии и могут быть установлены на одном валу.

1. Конструкция лопастей

Лопатки турбины тщательно спроектированы с правильной аэродинамической формой, чтобы правильно поворачивать проходящий пар и эффективно генерировать энергию вращения. Лопасти также должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать высокие центробежные нагрузки, и должны иметь такие размеры, чтобы избежать опасных вибраций. Были предложены различные типы

устройств с лопастями, но все они предназначены для использования принципа, согласно которому, когда данная масса пара внезапно меняет свою скорость и прикладывает силу, прямо пропорциональную скорости изменения скорости.

Два типа лезвий были разработаны до высокой степени совершенства: импульсное лезвие и реактивное лезвие.

Поскольку в идеализированной импульсной ступени нет перепада давления, силы давления на ротор не играют никакой роли в этом типе устройства. Напротив, на стадии реакции воздействие изменяющегося давления создает суммарную силу в тангенциальном направлении (таким образом, колесо поворачивается), а также в осевом направлении. Последнее имеет тенденцию вдавливать ротор в концы корпуса, требуя упорного подшипника для поглощения осевой нагрузки. В больших турбинах осевая нагрузка может быть уменьшена за счет впуска потока пара в середине и расширения в обоих осевых направлениях.

Нет необходимости сопоставлять увеличение скорости жидкости в статоре с увеличением скорости жидкости в роторе (50-процентная реакция). Были разработаны другие широко используемые комбинации, которые находятся между чистым импульсом и 50-процентной стадией реакции.

Большая длина лопастей низкого давления предъявляет особые требования к жесткости в дополнение к аэродинамической форме. Тангенциальная скорость лезвия вблизи ступицы намного меньше, чем на кончике лезвия.

2. Классификации

Большие паровые турбины - это непростые машины, которые классифицируются по-разному. Один из путей основан на том, достигается ли оборот импульсными силами или силами реакции. Эта разница может стать несколько непонятным, так как многие нынешние машины используют сочетание обоих методов.

Паровые турбины делятся на два вида: конденсационные и неконденсационные. В конденсационных турбинах пар конденсируется при давлении ниже атмосферного, чтобы получить от него энергию в больших объемах. В неконденсирующихся турбинах пар уходит из турбины при давлении больше атмосферного и затем применяется для нагрева или для других необходимых процессов, прежде чем вернуться в виде отработанной воды в котел. Сравнительно с топливом, необходимым для простого перехода воды в насыщенный пар, для увеличения давления на выходе парогенератора и, особенно, температуры для получения перегретого пара, который потом применяется для работы турбины, требуется относительно небольшое

дополнительное топливо. Таким образом, не конденсирующие турбины являются экономичным средством выработки электроэнергии (когенерации), когда уже требуется значительное количество тепла или технологического пара. В конденсационных турбинах для отвода тепла требуется значительное количество охлаждающей жидкости.

Также паровые турбины различаются с учетом того, извлекается или нет часть объема пара из промежуточных частей турбины. Извлечение осуществляется для частичного повторного нагрева воды, подаваемой заново в котел, и тем самым значительно повысить эффективность электростанции. В свете этого турбины могут быть классифицированы как прямоточные турбины, в которых отсутствует вытяжка или вытяжные турбины.

В выпускных турбинах не предпринимается никаких усилий для регулирования давления отводимого пара, которое изменяется почти прямо пропорционально нагрузке, переносимой турбиной. Вытяжка также уменьшает объем пара в конденсатор, что позволяет уменьшить площадь выпуска газов турбины. Турбины с регулируемым отбором предназначены для отбора переменного количества пара постоянного давления независимо от давления на турбину. Они часто выбираются для промышленного использования, когда пар при фиксированной промежуточной предварительной

3. Турбины с подогревом и без подогрева

Если пар высокого давления и высокой температуры частично увеличивается в объеме через турбину, эффективность может быть улучшена путем возврата пара в парогенератор и вторичного нагрева его примерно до его первоначальной температуры перед подачей обратно в турбину. Одиночные турбины повторного нагрева широко распространены в электроэнергетике. Для очень больших агрегатов может быть использован двойной подогрев. Нетепловые турбины в настоящее время используются в основном на больших предприятиях и небольших коммунальных предприятиях.

Как можно заметить, паровые турбины очень актуальны в наше время. Они обеспечивают предприятия различных областей промышленности теплом и светом, способствуют жизнедеятельности людей. Но все же они не идеальны и негативно воздействуют на окружающую среду. Мы надеемся, что эта проблема будет решена в ближайшем будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кириллов И.И., Иванов В.А., Кириллов А.И. Паровые турбины и паротурбинные установки. - Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1978.
2. Паровые турбины. Материал из mirnovogo.ru – информационно-познавательного сайта // [Электронный ресурс]. <https://mirnovogo.ru/parovaya-turbina/> (дата обращения: 14.04.22)
3. Быстрицкий Г.Ф. основы энергетики: Учебник. - М.: ИНФАР-М, 2007. - 278с.
4. Паровые турбины: как горячий пар превращается в электричество. Материал из habr.com – информационно-познавательного сайта // [Электронный ресурс]. <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/445556/> (дата обращения: 14.04.22)
5. Строение паровой турбины. Материал из britannica.com – информационно-познавательного сайта // [Электронный ресурс]. <https://www.britannica.com/technology/turbine/Wind-turbines/> (дата обращения: 14.04.22)

УДК 666.94:621.926

Абдуллин И.И., Мингазов З.Т.

*Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет
г. Казань, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

Современные котлы Lancashire имеют форму тарелки и сварную конструкцию, по крайней мере, для более высоких давлений, вместо более старого клепаного типа с плоским концом. Конструкция, заканчивающаяся тарелкой, уменьшает тенденцию к выпуклости торцевых пластин и, следовательно, не требует опор.

Плоская клепаная конструкция котла Lancashire состоит из нескольких ходов. Каждое блюдо изготовлено из одной пластины из мягкой стали, согнутой в цилиндрическую форму. Встречающиеся края пластины обычно соединяются тройным заклепочным стыковым соединением.

Поперечный ход оболочки выполнен меньшим по диаметру, чем другие, на величину, равную удвоенной толщине пластин.

Следовательно, кольцевые соединения могут быть выполнены в виде внахлестных соединений.

В основном это внахлестные соединения с двойными клепками. Продольные соединения расположены в верхней части котла над кирпичной кладкой и расположены вне линии, чтобы избежать непрерывных рядов заклепок.

Передняя торцевая пластина соединена с корпусом посредством наружного углового кольца. Он приклепан к торцевой пластине, а также к корпусу. Задняя торцевая пластина вставлена в корпус с фланцем и приклепана к нему. Передняя и задняя торцевые пластины, будучи плоскими, не могут сохранять свою форму без выпуклости, если их не зафиксировать. Они крепятся к цилиндрической оболочке с помощью ластовичных стоек. упор ластовицы, удерживающий заднюю торцевую пластину с корпусом котла.

Внутренние дымовые трубы состоят из ряда колец, два из которых на крайнем заднем конце имеют достаточно уменьшенный диаметр, чтобы обеспечить доступ между двумя трубами. Расширение и сжатие труб обеспечивается фланцевым кольцевым соединением Адамсона.

В этом соединении концы каждого кольца отбортованы наружу, и кольца соединены вместе, конец к концу, заклепками, проходящими через фланцы. Между фланцами размещено сварное расширительное кольцо. Это облегчает конопатку, что обеспечивает паропроницаемость соединения.

В случае котлов с неустановленными торцевыми пластинами в виде тарелок предусмотрена длина окружной гофрированной трубы для обеспечения возможности расширения и сжатия труб. Таким образом, предотвращаются напряжения на концевых пластинах. Передние торцевые кольца, окружающие печи, выполнены из гладких пластин.

Это имеет два преимущества по сравнению с гофрированной конструкцией. Во-первых, это снижает риск перегрева из-за накипи, а во-вторых, мгновенно поглощает все излучение от огня. Также за пределами печи, где теплопроводность и конвекция являются средствами теплопередачи, горячие газы соприкасаются только с выступающей частью колец, в случае гофрированной конструкции, оставляя застойные газовые карманы в углублениях.

Таким образом, гофрированная конструкция не обеспечивает повышенной эффективности из-за увеличенной поверхности нагрева, но она помогает приспособиться к расширению и сжатию труб.

Внешние дымоходы котла Lancashire облицованы огнеупорным кирпичом. Воздушные пространства сохраняются в задней части

огнеупорных кирпичей, чтобы предотвратить растрескивание кирпичной кладки из-за расширения стен рядом с дымоходами.

Воздушные пространства также уменьшают потерю тепла через стены. Котел опирается на шамотные посадочные блоки.

Конструкция локомотивного котла:

Топочная коробка состоит из внутреннего, переднего, заднего и боковых листов, склепанных вместе, а также с листом обертки топочной коробки, который образует верхнюю часть топочной коробки. Наружные листы отделены от внутреннего пространства, образующим водяные опоры, нижний конец которых закрыт стальным кольцом, называемым фундаментным кольцом.

Передний наружный лист приклепан к задней части корпуса. Для целей очистки предусмотрены отверстия для ручных отверстий на уровне корнчатого листа и прочистные заглушки над грязевым кольцом.

Стойки крыши топки используются для предотвращения выхода из строя защитной пластины топки под давлением. Его соединения с верхней пластиной и обертывающей пластиной. Стопорные болты используются для крепления плоских поверхностей, образующих водяные опоры. Стопорный болт подробно показан. Во внешнем конце каждого стопорного болта часто просверливается отверстие диаметром 5 мм на глубину, немного выходящую за пределы внутренней части пластины, чтобы обнаружить сломанный стопорный болт. Гибкие крепежные болты могут быть использованы для уменьшения количества сломанных крепежных болтов, вызванных неравномерным расширением внутренней и внешней пластин топки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бадагуев, Б.Т. Безопасная эксплуатация паровых и водогрейных котлов / Б.Т. Бадагуев. - М.: Альфа-пресс, 2012.

2. Паровые котлы. Материал из mirnovogo.ru – информационно-познавательного сайта // [Электронный ресурс]. <https://mirnovogo.ru/parovaya-turbina/> (дата обращения: 14.04.22)

3. Баранов П.А. Эксплуатация и ремонт паровых и водогрейных котлов. М.: Энергоатомиздат ,1986

4. Паровые котлы: как горячий пар превращается в электричество. Материал из habr.com – информационно-познавательного сайта // [Электронный ресурс]. <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/445556/> (дата обращения: 14.04.22)

5. Стрoение парового котла. Материал из britannica.com – информационно-познавательного сайта // [Электронный ресурс]. <https://www.britannica.com/technology/turbine/Wind-turbines/> (дата обращения: 14.04.22)

УДК 621.311.22

Аверьянова А.А.

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

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕТЕВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ С ГЛАДКИМИ ТРУБКАМИ И ТРУБКАМИ, ИНТЕНСИФИЦИРУЮЩИЕ ТЕПЛООБМЕН

Теплообменные аппараты (ТА) паротурбинных установок предназначены для осуществления процесса теплопередачи от первичного теплоносителя, имеющего более высокую температуру, ко вторичному, имеющему более низкие параметры. ТА классифицируются по различным признакам: контактные и поверхностные; без изменения агрегатного состояния, с кипением и конденсацией; рекуперативные и регенеративные; водо-водяные, пароводяные и газозодушные; трубчатые и пластинчатые; горизонтальные и вертикальные.

Теплообменное оборудование в большой степени (до 30 %) определяет эффективность и надежность работы современных тепловых и атомных электрических станций, поэтому повышение качества их работы является важной и актуальной задачей [1].

Существует множество технических решений и мероприятий по оптимизированию эффективности и экономичности ТА, разрабатываемые как на стадии проектирования, так и во время эксплуатации.

К основным характеристикам, по которым можно судить о качестве работы теплообменного оборудования, относят – коэффициент теплопередачи, гидравлическое сопротивление, недогрев (температурный напор) – разность температур насыщения пара и воды на выходе из ТА [2]. Положительное влияние на эти параметры можно обеспечить путем внедрения в ТА трубок со специальной поверхностью, увеличивающей интенсивность процесса теплообмена. К таким решениям относят: турбулизаторы потока на поверхностях; шероховатые поверхности; развитые в результате обрубения

поверхности; закрутку потока спиральными ребрами, шнековыми устройствами, завихрителями установленными на входе в канал [3].

Теплообмен со стороны пара увеличивается за счет изменения процесса конденсации, а именно уменьшения за счет поверхностного натяжения средней толщины пленки конденсата, изменения траектории ее движения и турбулизации. Интенсификация с водяной стороны определяется гидродинамикой потока – нарушением упорядоченного течения жидкости в вязком подслое за счет его турбулизации и закрутки.

Автором был произведен теплогидравлический расчет, в соответствии с методикой [4], двух ступеней сетевых подогревателей ПСГ-1300-3-8 и сравнение основных параметров для гладких, профильных витых (ПВТ) (рисунок 1) и олуненных трубок (рисунок 2).

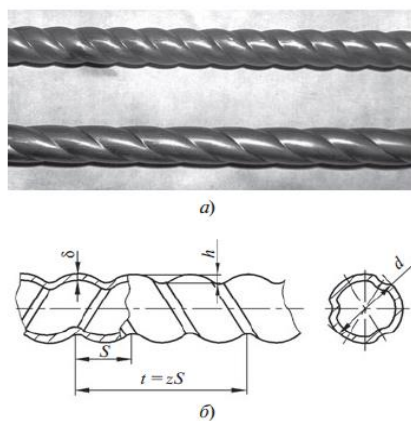


Рис. 1 Внешний вид (а) и поперечное сечение (б) профильных витых трубок

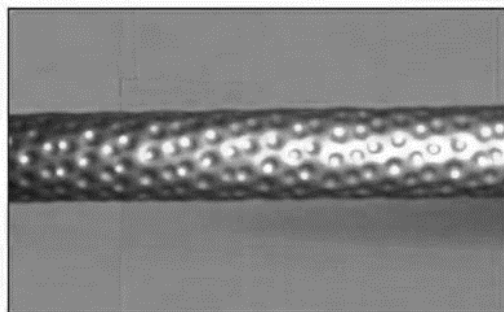


Рис. 2 Олуненная теплообменная трубка

Поверхность ПВТ образуется накаткой и представляет собой дискретное чередование выступов и впадин, выполненных по винтовой линии. Олуенные трубки были разработаны специалистами ЦКТИ и на поверхность гладких трубок впервые были нанесены сферические лунки, т.е. создана дискретная регулярная шероховатость [5].

Из проведенного расчета можно сделать следующие выводы: коэффициент теплопередачи увеличивается в среднем на 35% при установке олуенных труб и на 27% при установке ПВТ. Гидравлическое сопротивление ПВТ увеличилось на 42%, а олуенных трубок на 38%.

При номинальных значениях скорости воды внутри труб 1,65...2,0 м/с нанесение лунок позволяет увеличить коэффициент теплоотдачи от пара к стенке α_n до 14...15 кВт/(м²·К) и примерно уравнивать величину коэффициента теплоотдачи от стенки к воде $\alpha_v = 13$ кВт/(м²·К), т.е. получить значение коэффициента теплопередачи, равное примерно 6,2 кВт/(м·К), что превышает в 2 раза его значение для подогревателей по [6].

Также расчет мощности, потребляемой насосами показал, что установка ПВТ приведет к ее увеличению на 5,2% (29,5 кВт), а олуенных трубок на 3,8% (21,3 кВт). Увеличение мощности на прокачку теплоносителя приведет к некоторому повышению расхода электроэнергии на собственные нужды.

Расход теплоты на турбоустановку при установке ПВТ снизится на 0,33%, при использовании олуенных трубок на 0,43%.

Приращение мощности турбоустановки при использовании ПВТ составит 504 кВт, относительное снижение расхода топлива – 0,36%, при установке олуенных – 635 кВт и 0,45%, соответственно.

Анализируя представленную теоретическую часть и полученные в ходе расчетов параметры, можно говорить о том, что замена трубок с гладких на трубки со специальной поверхностью теплообмена положительно влияет на показатели не только подогревателя и турбоустановки, но и станции в целом. Олуенные трубки имеют характеристики несколько выше, но ПВТ, не сильно отстающие по тепловым, гидравлическим и экономическим показателям, нашли свое широкое применение и обладают долгим опытом эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бродов Ю.М. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок // Ю.М. Бродов К.Э. Аронсон, А.Ю. Рябчиков, М.А. Ниренштейн; под общ. ред. Ю.М. Бродова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016.

2. Методические указания по испытанию сетевых подогревателей. МУ-34-70-001-82. -М, СПО «Союзтехэнерго», 1982.

3. Калинин Э.К. Эффективные поверхности теплообмена / Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мяочин А.С. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 408 с.: ил.

4. Бродов Ю.М. Теплообменники энергетических установок / Бродов Ю.М. – Екатеринбург, 2003. – 965 с.

5. Балунов Б.Ф. Исследование теплогидравлических характеристик кожухотрубного водоподогревателя с интенсификацией теплообмена путем использования теплообменных трубок с лунками / Балунов Б.Ф., Готовский М.А., Пермьяков В.А., Щеглов А.А., Ильин В.А., Сайкова Е.Н., Сальников В.В. // Теплоэнергетика, №1, 2008. – С. 56-60.

6. ОСТ-108.271.105-76 Подогреватели пароводяные тепловых сетей // Научное-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова (НПО ЦКТИ), 1978. – 19 с.

УДК 620.9

Ахметвалиева Л.Р.

Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет,

г. Казань, Россия

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

На сегодняшний день можно с уверенностью говорить о том, что будущее технологий связаны с такими мирами, как физический и цифровой. Эта направленность с каждым годом набирает популярность в таких отраслях, как энергетика, медицина, пищевая, легкая и тяжелая промышленность. Весь XX в. - это быстрый скачок потребления первичных энергоресурсов и электрической энергии. Исходя из сложившейся ситуации суммарное мировое потребление энергии увеличилось в 15 раз. Люди исследуя наиболее примитивные источники энергии, постепенно переходили на более высокие, такие как: каменный уголь, газ, уран, нефть. Государства с разными природными ресурсами усиливают свое влияние, в то же время увеличивается и давление на эти государства. В настоящее время население потребляет нефть, уголь и газ со такой скоростью, что превышает их образования в земной коре.

Можно говорить о трех энергетических проблемах, затрагивающих все стороны жизни человека:

- истощения энергоресурсов и электроэнергии
- угроза благосостоянию окружающей среды вследствие техногенного воздействия объектов энергетики
- локальные, региональные, глобальные проблемы

Первая проблема, связанная с исчезновением важнейших на сегодняшний день и в будущем энергоресурсов (из которых производится более 80% электроэнергии), их неравномерное распределение на планете. Исследования зарубежных и российских ученых показывают, что при нынешних темпах потребления и объеме изведенных запасов ресурсов человеческое общество будет иметь достаточно нефти для промышленных целей на 50-80 лет и природного газа на 60-80 лет.

Из-за глобальной пандемии в 2020 г. рост энергопотребления в мире сократился на 4 %. Для сравнения в период с 2000 по 2018 г.г. средний ежегодный показатель составлял 2 %, а в 2020 г. упал до 0,8 %. Энергопотребление сократилось в большинстве стран. Исключением является Китай — крупнейший потребитель энергии, который быстро оправился от кризиса, вызванного COVID-19, (рисунки 1).

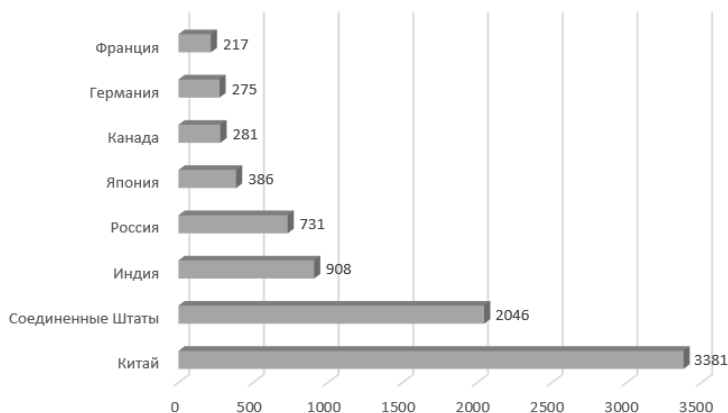


Рис. 1 Общее электропотребление стран в 2020 году, на основе [1]

Вторая проблема – экологическая. На сегодняшний день более 50% техногенных выбросов в атмосферу парниковых газов приходятся на объекты энергетики. Энергетика интенсивно загрязняет также земную и водную оболочки. Потoki энергии в энергосистемах становятся

равными или даже превосходящими в крупномасштабных природных системах и процессах. Всё это негативно влияет на климат («парниковый эффект», сопровождающийся повышением температуры атмосферы) и на погоду (климатические изменения). Техногенные аварии на объектах вследствие их огромных масштабов и мощностей стали приобретать черты техногенных катастроф. (Ближайшие примеры – Техногенная авария в Норильске, авария на шахте «Листвяжная» в Кемеровской области).

В последние годы в России обострилась проблема морального и физического старения оборудования электростанций, а также тепловых и электрических сетей. Финансирование в энергетическом секторе немного уменьшилось, что подтверждает снижение объема вложений в акционерный капитал в энергетическом секторе; в 2015 г. по сравнению с 2010 г. она уменьшилась в 3,1 раза, а отпуск электроэнергии увеличилось в 4,6 раза.

Необходимо заменить прежнюю энергетическую систему, на альтернативную, использующие другие экологически чистые и возобновляемые источники энергии. Весьма вероятно, что новая энергетическая система будет использовать комбинацию различных источников энергии: солнечной, термоядерной и биоэнергии. Только совместными усилиями людей, работающих в различных областях энергетических исследований, можно решить эту глобальную проблему.

Использование нетрадиционных (возобновляемых) источников энергии в России. Альтернативные источники энергии - это сооружение или устройство, позволяющее получать энергию без использования традиционных источников, работающих на угле, природном газе и нефти. ВИЭ (возобновляемые источники энергии) не только неисчерпаемы, но и безопасны и экологичны. По оценкам экспертов, мировой потенциал НВИЭ увеличивается с каждым годом, (рисунок 2, 3).

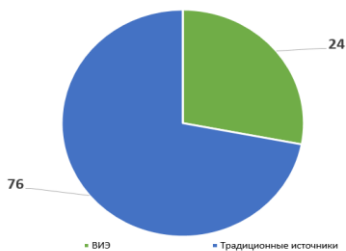


Рис. 2 Доля ВИЭ в общем производстве электроэнергии в мире в 2015 году, на основе [2].



Рис. 3 Доля ВИЭ в общем производстве электроэнергии в мире в 2019 году.

Использование НВИЭ имеет ряд недостатков, обусловленных их природой, которые сужают границы экономической эффективности их использования:

1) Главный пробел - это первоначальная стоимость оборудования. Высокая стоимость характеризуется дороговизной материала, из которого состоят устройства.

2) Низкая удельная мощность потока энергоносителя, которая во многом зависит от больших габаритов и количества энергоустановок и, соответственно, большие капитальные затраты на их сооружение.

3) Низкий коэффициент полезного действия (КПД).

В решении энергетических проблем человечество возлагает большие надежды на развитие альтернативной энергетики, основанной на известных эффектах, но не освоенных в промышленных масштабах. Термоядерный синтез, прямые преобразования энергии водорода и кислорода в электрическую с помощью электрохимических генераторов.

Водородная энергетика — область энергетики, основанная на преобразовании и использовании водорода в качестве средства для зарядки, потребления энергии и производства. В теории водородной энергетики входят три составляющие: 18% приходится на переработку угля, 4,3% обеспечивается за счёт «зелёного» водорода, получаемого посредством возобновляемых источников энергии (ВИЭ), главным образом при электролизе воды. Наконец, подавляющий объём, а это 78% — составляет переработка природного газа и нефти[3]. Все известные в настоящее время способы получения водорода далеки от идеала. Во-первых, они энергоёмки, а во-вторых, при производстве водорода часто выделяется значительное количество диоксида углерода

и другие токсичные вещества. Поэтому на сегодняшний день ученые не знают технологии, согласованные всем требованиям этой задачи.

Термоядерная энергетика - это возможная форма производства электроэнергии, которая будет генерировать электроэнергию, используя тепло от реакций ядерного синтеза. В процессе синтеза два более легких атомных ядра [4]. Освоение термоядерного синтеза требует больших затрат на исследования и физические испытания, разработку новых технологий и конструкционных материалов. Победа в этой технологии дает возможности для всего человечества в и безопасной и экологичной энергетике. Кроме того, изучение и технология физики и плазмы дали огромные результаты и нашли применение в промышленности, медицине и космической технике. В виду особенностей конструкций и ядерных реакций, авария на ТЯЭС не сравнимы с Чернобыльской аварией и на Фукусиме. Даже при отказе охлаждения, этого не хватит для разрушения реактора, а при отказе электромагнитного поля, плазма, несмотря на температуру, не сможет прожечь стенки реактора из-за своей низкой плотности.

Все источники чистой энергии мы не можем взять под контроль, потому что они не изучены до конца. Мировую энергетику невозможно преобразовать за одну ночь, но я оптимистично вижу будущее экологически чистой энергии. Сам по себе размер энергетической системы означает, что сегодня как никогда любая новая технология должна быть развернута быстро и в огромных масштабах, чтобы хоть как-то повлиять на долю существующих. Ведь постоянный спрос на энергию, обусловлен быстрым ростом населения и экономики. Для технологий, которые в настоящее время находятся на ранней стадии внедрения, таких как возобновляемые источники энергии, термоядерная энергетика и водорода как энергоносителя указывают на определенную степень устойчивости перед лицом множества проблем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мировая статистика по потреблению энергии – ежегодник. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/total-energy/world-consumption-statistics.html> (дата обращения: 08.05.2022).

2. Инвестиции в возобновляемые источники энергии. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5df15930028d6800b057e418/investicii-v-vozobnovliaemye-istochniki-energii-5dff74d734808200b67f2a75> (дата обращения: 08.05.2022).

3. Водородная энергетика - материал из Википедии. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородная_энергетика (дата обращения: 08.05.2022).

4. Переверзева В.С. Перспективы и проблемы развития водородной энергетики. Перспективное развитие науки, техники и технологий. 2013. Том 3. С. 63-67.

5. Саидов К.У., Садыкова М.А. Проблемы развития энергетики в современных условиях. Наука и инновационные технологии. 2020. №3(16). С. 111-117.

6. Ушаков В.Я. Основные проблемы энергетики и возможные способы их решения. Известия томского политехнического университета. 2011. Том 319 №4. С. 5-11.

УДК 621.311

Ахметова А.Т.

Научный руководитель: Низамова А.Ш., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет,

г. Казань, Россия

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

Развитие энергетики и электрификации определяет уровень развития всего народного хозяйства нашей необъятной страны. Все развитие можно разделить на несколько этапов, которые характеризуются своими особенностями:

- 1918-1930;
- 1931-1940;
- 1941-1945;
- 1946-1959;
- 1960-1985;
- 1986-по настоящее время.

Электрификация в стране начиналась с построения маленьких станций, которые обеспечивали освещение малых предприятий, жилых зданий. Работа электростанций, с малой мощностью, не могли передавать электроэнергию на большие расстояния, ограничиваясь лишь малым радиусом энергообеспечения. Электрические сети станций, работающих отдельно, соединялись с другими сетями для параллельной работы.

В наследие от царской России государство получило малоразвитую, отсталую отрасль. Также, непоправимый, тяжёлый урон нанесла по энергохозяйству страны и Великая Отечественная война. Свыше шестидесяти крупнейших на тот момент электростанций и более 50 % линий электропередач были разрушены. Одним из этапов формирования Единой энергетической системы страны (ЕЭС СССР) было вызвано сооружением в 50-х годах прошлого столетия мощных ГЭС на Волге и линий электропередач сверхвысоких напряжений. В 1947 году страна занимала первое место в Европе по производству электроэнергии. В 1991 году в результате распада Советского Союза образовалась Единая энергетическая система России.

В состав ЕЭС России входит шесть объединенных энергосистем (ОЭС): Северо-Запада, Центра, Средней Волги, Северного Кавказа, Урала и Сибири. Также, кроме объединенных энергосистем, на территории Российской Федерации изолировано функционируют города Дальневосточного федерального округа и Дагестан.

Единая энергетическая система Российской Федерации функционирует и с иностранными энергосистемами, такими как: Китай, Монголия, Украина, Беларусь, Грузия, Казахстан, Латвия, Финляндия, Литва, Норвегия, Эстония.

Формирование и реструктуризация энергетических систем продолжается и в зарубежных странах. Например, в странах Латинской Америки, Бразилии, функционирует Национальная Объединенная Энергосистема (Rede Basica /SIN). Она одна из самых больших объединенных энергосистем в мире, как по протяженности сетей, так и по установленной мощности (более 170 ГВт). Вне SIN существует изолированная система для части региона Амазонии, которая контролируется самым крупным объединением в секторе электроэнергетики – Eletrobras.

Что касается Северной Америки, например, в Соединенных Штатах Америки, ведомством, занимающимся регулированием энергетики является Federal Energy Regulatory Commission (FERC). Федеральная комиссия осуществляет контроль над соблюдением норм в области энергетики, нормативное регулирование торговли электроэнергией между штатами и услуг по передаче электроэнергии, регулирование цен на оптовых рынках электроэнергии, обеспечение недискриминационного доступа к услугам по передаче электроэнергии, установление обязательных требований надежности функционирования сети.

Рассматривая страны Европейского Союза (ЕС), например, в Германии действует Федеральное сетевое агентство Bundesnetzagentur.

Агентство, помимо всего прочего, осуществляет контроль над функционированием рынков электроэнергии. Bundesnetzagentur определяет тариф на передачу и распределение электроэнергии и газа, выполняет контроль обеспечения недискриминационного доступа к сетям, упрощает процесс смены бытовых компаний.

В другой стране ЕС, во Франции, органом, регулирующим энергетику, является Commission de Regulation de l'Énergie, (CRE). Комиссия обеспечивает недискриминационный доступ участников рынка к сети, разрабатывает рекомендации по размеру тарифов на передачу и распределение электроэнергии, отвечает за разрешение споров между участниками рынка и за наложение штрафов, подготавливает ежегодные отчеты о работе оптового рынка и рынка мощности.

Регулирующим органом в Индии является Центральная комиссия по регулированию электроэнергетики Central Electricity Regulatory Commission, (CERC), которая устанавливает тарифы на производство электроэнергии генерирующими компаниями, принадлежащими государству, на передачу электроэнергии по магистральным сетям, регулирует торговлю электроэнергией между штатами, утверждает сетевой кодекс.

В Китае профильным органом является Государственное энергетическое управление KHP National Energy Administration, (NEA), также Государственная комиссия КНР по развитию и реформам National Development and Reform Commission, (NDRC), осуществляет общее управление и разработку нормативных правовых актов в области регулирования электроэнергетики для реализации пятилетних планов.

Электроэнергетическая система Австралии разделена на два региона: на юго-западе функционирует Оптовый рынок Wholesale Electricity Market, (WEM), на востоке и юго-востоке – Национальный рынок электроэнергии Австралии National Electricity, (NEM). NEM – основной рынок электроэнергии Австралии, обслуживающий около 88% населения.

Таблица 1 – Характеристика энергосистем по странам мира на 2020 год

Страна	Установленная мощность генерируемых источников, МВт	Доли установленной генерирующей мощности источников, %	Потребление:		
			уголь, Мт	газ, м ³	мазут, Мт
Российская Федерация	245313,25	ТЭС-20;АЭС-20,6;	225	501	136

		ГЭС, ВЭС, СЭС-20,1.			
Австралия	55860	ВЭС-12; ГЭС-15; СЭС-6; ТЭС-63.	101	47	49
Бразилия	170100	ВЭС-10,9; ГЭС-63; СЭС-2,2; АЭС-1,2; ТЭС-13,6; Биотопливо-8,3	27	36	102
США	234000	ВЭС-9;ГЭС-7; СЭС-5;АЭС-8; ТЭС-65	546	887	760
Германия	234000	ВЭС-28; ГЭС-6; СЭС-24; АЭС-4; ТЭС-23; Биотопливо-4	171	95	96
Франция	136000	ВЭС-13; ГЭС-19; СЭС-7; АЭС-46; ТЭС-11; Биотопливо-2	11	42	67
Индия	377000	ВЭС-10;ГЭС-13; СЭС-10; АЭС-2; ТЭС-63; Биотопливо-3	948	64	224
Китай	2201000	ВЭС-13; ГЭС-17; СЭС-12; АЭС-2; ТЭС-53; Биотопливо-1	3826	304	617
Корея	125000	ВИЭ-11; ГЭС-5; АЭС-19; ТЭС-57; иное-8	132	55	102

Немаловажную роль в развитии энергетики является ядерная энергетика. Доля выработки энергии на АЭС во многих регионах и странах достигает высоких значений. На январь 2020 года количество работающих реакторов по всему миру достигает 415 с установленной мощностью 370138 МВт. Доля атомной энергетики в мировой выработке электроэнергии составляет 10,2 %. США является страной, которой принадлежит наибольшее количество эксплуатируемых

реакторов. Лидирующие места по мощностям энергоблоков, вводимым в эксплуатацию у Китая и Индии.

В Российской Федерации, по данным на 1 января 2020 года, в работе находятся 38 энергоблоков на 11 действующих станциях, с общей генерируемой мощностью примерно 30000 МВт.

Атомная энергетика является перспективной отраслью. Развитие и создание новых, надежных, более мощных реакторов позволяет обеспечить низкую себестоимость на электроэнергию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. — М.: Энергоатомиздат, 1989, — 592 с.

2. Козлов А.Н., Козлов В.А., Ротачева А.Г. Эксплуатация электрических сетей и систем электроснабжения. Учебное пособие / А.Н. Козлов, В.А. Козлов, А.Г. Ротачева. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2013.

3. Низамова А. Ш. Техничко-экономические основы выбора параметров ТЭС и внедрения нового оборудования: Учеб.пособие /А.Ш.Низамова – Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2018. – 137 с.

4. Полищук В. И. Общая энергетика: учебное пособие / В.И. Полищук, Ю.С. Боровиков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 201 с.

5. Статистический ежегодник мировой энергетик [Электронный ресурс]- <https://yearbook.enerdata.ru/>

УДК 536.717

Белов Ю.И.

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

РАБОЧИЕ ТЕЛА ЦИКЛОВ. БИНАРНЫЕ ЦИКЛЫ

Рабочие тело - определенное количество вещества, которое участвует в термодинамическом цикле и выполняет полезную работу. Бинарные циклы - термодинамические циклы с использованием двух рабочих тел, одно из которых имеет невысокое давление насыщения при высоких температурах, а другое низкую температуру испарения. После вращения турбины рабочее тело с более высокой температурой

кипения отдает тепло конденсатору, который также является испарителем для рабочего тела с более низкой температурой кипения.

Учитывая интенсивно развивающуюся экономику современных стран, сегодня энергетика является одним из важнейших направлений, также активно развиваются и модернизируются технологии, повышающие эффективность и рациональность теплоэнергетического комплекса современных стран [1].

Одним из основных вопросов, без которого не обходится ни одной разработки и решения вопроса из области изучения теплоэнергетического оборудования, являются рабочие тела циклов. Наиболее распространенным в этом вопросе является тема изучения бинарных циклов.

Необходимо отметить, что энергетическая стратегия, выстроенная на период до 2030 года, предусматривает оптимизацию энергопотребления и реализацию комплексных мероприятий по экономии топливных ресурсов. Разработка технических и технологических решений по интеграции бинарных циклов остается актуальной задачей по сей день.

Бинарные циклы – это термодинамические циклы с использованием двух рабочих тел, одно из которых имеет низкое давление насыщения при высоких температурах, и другие низкие температуры парообразования. выше кипения рабочего тела после турбины отдает тепло в конденсатор, который является испарителем для более низкокипящего рабочего тела [2].

Чтобы объединить достоинства различных рабочих тел и компенсировать их недостатки, в свое время была предложена идея бинарного цикла. Бинарный цикл состоит из двух частей: высокотемпературной и низкотемпературной. В каждой части цикла используется свое рабочее тело (рисунок 1). В качестве примера можно привести ртутно-водяной бинарный цикл (рисунок 2).

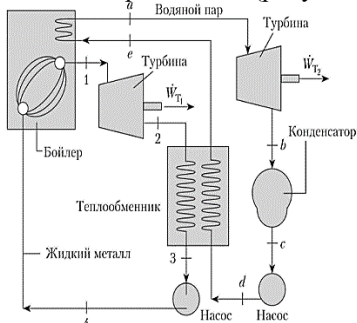


Рис. 1 Установка для бинарного цикла

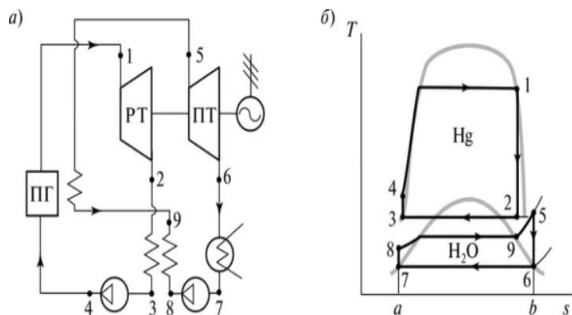


Рис. 2 Схема (а) и изображение на T, S -диаграмме (б) ртутно-водяного бинарного цикла

Принцип работы установки достаточно прост. В котле ртуть нагревается, затем пары ртути поступают в ртутную турбину, где, расширяясь, совершают работу. Далее ртутный пар поступает в конденсатор-испаритель, где пары ртути конденсируются, охлаждаясь. Затем ртуть с помощью насоса подается в котел и ртутный цикл замыкается.

Конденсатор-испаритель представляет собой поверхностный теплообменник, в котором ртутный пар отдает тепло другому теплоносителю — воде. За счет этой теплоты вода нагревается и испаряется.

Следует отметить, что расходы воды и ртути в соответствующих контурах различны. Поскольку энтальпия испарения воды примерно в 9 раз больше энтальпии испарения ртути, расход ртути должен быть примерно в 9 раз больше расхода воды в пароводяном контуре. Бинарный цикл из ртути и воды имеет КПД $>60\%$, в то время как у обычного парового цикла при этих же температурах — всего 37% [7].

Также в качестве рабочих веществ для верхней части бинарного цикла предлагались дифенилоксид ($C_{12}H_{10}O$), дифенильная смесь (75 % дифенилоксида и 25 % дифенила $C_{12}H_{10}$), бромиды сурьмы $SbBr_4$, кремния $SiBr_4$, алюминия Al_2Br_3 и т.д., но они не получили широкого применения.

На (рисунке 3) представлены основные сведения, касающиеся принципов бинарного цикла:

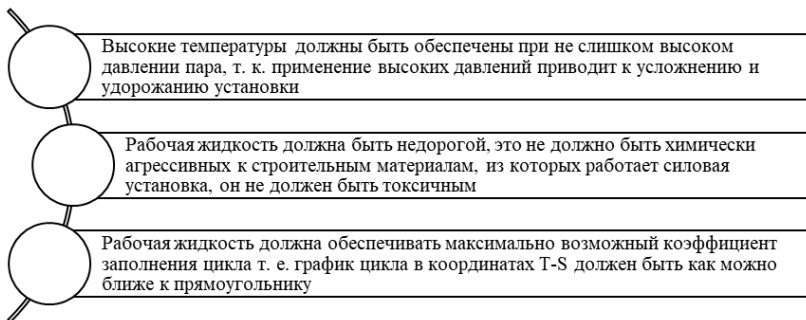


Рис. 3 Принципы бинарного цикла

Несмотря на большую эффективность, бинарные циклы используются редко из-за сложности установки. Альтернативным способом повысить КПД является цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.

На формуле (1) представлено описание коэффициента полезного действия (КПД) бинарного цикла:

$$\eta = \frac{m_p l^1 + l^2}{m_p q_1^1 + q_1^2} \quad (1)$$

где m_p - расход тела 2, учитывая кратность расхода тела 1 по отношению к телу 2; l^1 и l^2 - работы произведённые с первым и вторым рабочими телами в соответствующих циклах; q_1^1 и q_1^2 - количество теплоты подведённый в соответствующих циклах.

В заключение следует отметить, что Российская Федерация обладает огромными запасами геотермального тепла. Например, в северных районах Дальнего Востока, а особенно на Камчатке и Курильских островах находится достаточное количество теплоты для обеспечения теплом и электроэнергией находящихся по близости районов.

Таким образом появляется возможность эффективно использовать разные температурные режимы и климатические условия окружающей среды для производства электрической энергии с помощью установок в которых заложен бинарный цикл [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перспективы использования бинарных циклов в утилизации низкопотенциальной теплоты на геотермальных электростанциях /

А.М. Гафуров, Б.М. Осипов, Н.М. Гафуров, Р.З. Гатина // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2017. С. 3-11.

2. Пряткина В.С. Интеграция бинарного ОРС-цикла Ренкина мощностью 210 кВт в технологическую схему современных тепловозов // Известия вузов. СевероКавказский регион. Серия: Технические науки. 2018. С. 2-5.

3. Method of utilization of thermal secondary energy resources of industrial enterprises for power generation / А.М. Gafurov, В.М. Osipov, N.M. Gafurov, R.Z. Gatina // News of higher educational institutions. Energy problems. 2016. С. 1-9

4. Губарев А.В., Лозовой Н.М. Конструкция и варианты модернизации конденсационного водогрейного котла // Энергетические системы: III Междунар. науч.-техн. конф.: сб. трудов. Белгород, 2018. С. 23-20.

5. Губарев А.В., Лозовой Н.М. Конструкция и варианты модернизации конденсационного водогрейного котла // Энергетические системы: III Междунар. науч.-техн. конф.: сб. трудов. Белгород, 2018. С. 23-20.

6. 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.

7. 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.

УДК 665.662.2

Белов Ю.И.

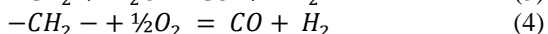
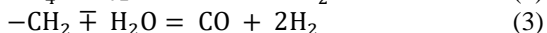
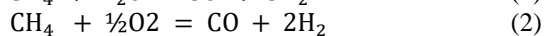
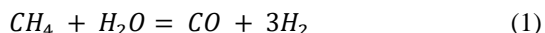
*Научный руководитель: Трубаев В.А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Уголь - самый насыщенный углеродом вид ископаемого топлива. При сжигании угля на тепловых электростанциях (ТЭС) образуется в 2 раза больше CO_2 , чем в процессе сжигания природного газа. В связи с декарбонизацией мировой экономики предполагается отказаться от использования угля в качестве энергоресурса из-за превышения

допустимого уровня выбросов в атмосферу твердых углеродных частиц, окислов азота. Газификация угля позволяет его использовать в переходный период декарбонизации и снижать выбросы в атмосферу.

Газификация угля - это физико-химический процесс превращения угля в горючий газ с помощью кислорода или других газов. Процесс газификации углей заключается в высокотемпературной конверсии (при 700 – 1850 °С) твердого углеродосодержащего вещества. Посредством данного процесса получают продукты реакции, а именно – горючие газовые смеси, используемые в различных технологических процессах. Реакция газификации угля является высокотемпературным процессом взаимодействия углерода из топлива с окислителями. Этот процесс необходим для того, чтобы получить горючие газы (H₂, CO, CH₄). В зависимости от применяемого сырья и вида конверсии (водяным паром или нестехиометрическим количеством O₂) соотношение компонентов в газовой смеси изменяется в широких пределах [7]:



Окислителями участвующие в процессе газификации угля могут быть: кислород, водяной пар, диоксид углерода.

Классификация способов газификации по состоянию топлива в газогенераторе:

- газификация в неподвижном слое;
- газификация в медленно опускающемся слое твердого топлива;
- газификация в кипящем слое;
- газификация в потоке пылевидного топлива.

Одной из ключевых проблем, препятствующих развитию процессов газификации углей, является высокий риск относительно окружающей среды. При обработке вещества образуется колоссальный объем отходов, отрицательно влияющих на экологию. Необходимо отметить, что газификация углей имеет смысл исключительно при обработке больших объемов веществ, в результате чего и образуются отходы, имеющие подавляющий процент содержания серы и золы, что приводит к проблемам, связанным с охраной окружающей среды [1].

Также стоит отметить, что данная проблема может быть решена посредством симбиоза в единый энерготехнологический цикл процесса газификации твердого топлива и использования полученного газа в

специальных парогенераторах. Помимо этого, с целью уменьшения негативного воздействия на окружающую среду рациональным вариантом может являться примесь специальных добавок, снижающими отрицательные показатели в процессе газификации [2].

Помимо проблем, связанных с окружающей средой, процессы газификации углей имеют негативные последствия и непосредственно на технологических объектах. Таким образом, во время выполнения технологии происходит засорение дымоотводов, а также на объектах перегонки, что, в свою очередь, требует дополнительного времени на очистку, в результате чего снижается эффективность и рациональность всего технологического процесса в целом [6].

Перспективным направлением из области газификации угля является скважинная технология подземной газификации угля (ПГУ), посредством которой обеспечивается осуществление реакций неполного окисления угля в подземных условиях непосредственно на месте залегания угольных пластов – в подземном газогенераторе, с получением после соответствующей обработки на поверхности газа, сходного по своим характеристикам с природным (рис. 1). При этом газ ПГУ может являться сырьем для получения синтез-газа, метанола, аммиака, карбамида и других ценных химических продуктов.

Технология газификации угля признана эффективной и перспективной для угольных месторождений Дальнего Востока в современных условиях. В недавнем времени было принято решение о необходимости начала работ по освоению угольных месторождений способом ПГУ. В настоящее время ряд субъектов ДВФО рассматривают вопрос о строительстве пилотных станций ПГУ на своих территориях [3].

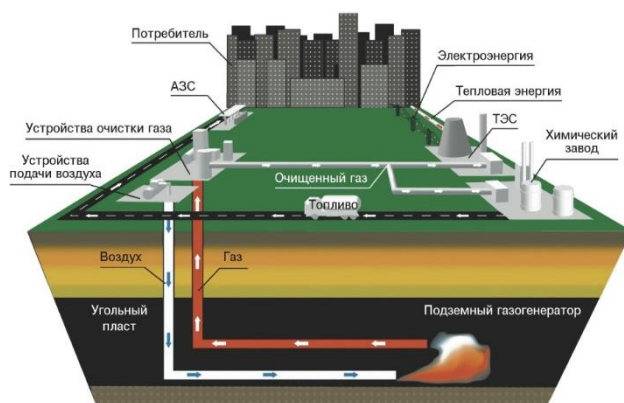


Рис. 1 Схема подземной газификации углей

Помимо этого, на сегодняшний день определена перспективная возможность производства метанола и синтетического жидкого топлива из газа, полученного на воздушном дутье.

Таким образом, видно, что технология газификации углей имеет свои преимущества и недостатки. Так, одной из ключевых проблем, препятствующих повсеместному развитию данной технологии, является колоссальное отрицательное влияние на экологию, что может привести к непоправимым последствиям. Несмотря на это, в современном мире рассматривается вопрос развития технологии газификации углей на правительственном уровне. В ряде регионов РФ уже производится строительство станций, специализирующихся на выполнении технологических процессов по газификации углей.

В заключение необходимо отметить, что газификация углей – это одна из старейших технологий по производству сырья, имеющей индивидуальные недостатки. Несмотря на это, посредством непрерывного прогресса из области энергетики, современные технологии позволяют снизить или частично устранить негативное влияние процессов газификации углей на окружающую среду, позволяя распространить данный технологический процесс на многих предприятиях и повысить в целом его эффективность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пряткина В.С., Белов А.А., Иванов В.В., Балтян В.Н., Чеботарев В.И. Газификация угля и ее применение в энергетике // Известия вузов. СевероКавказский регион. Серия: Технические науки. 2018. С. 1-6.

2. Shurchalin A. A., Shestakov N. S. Experimental study of the gasification process in the oxidizer flow under pressure on the experimental gasifier of JSC «NPO TsKTI» // Energetik. 2015. С. 42-47.

3. Гафуров Н.М., Хисматуллин Р.Ф. Общие сведения о технологии газификации угля // Инновационная наука. 2016. С. 1-2.

4. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Разработка методики Теплотехнических расчетов по приведенным характеристикам RDF-топлив // Энергетические системы: III Междунар. науч.-техн. конф.: сб. трудов. Белгород, 2018. С. 214-223

5. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Теплотехнические испытания твердоотопливных отопительных котлов малой мощности при сжигании брикетированных RDF-топлив // Энергетические системы: III Междунар. науч.-техн. конф.: сб. трудов. Белгород, 2018. С. 224–233.

6. Рациональные области использования сырья угольных разрезов / Ходькин Е.И., Фомина Е.В., Николаенко М.А., Лебедев М.С. //

Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 125-128.

7. Мирошникова О.В., Борисов И.Н. Использование различных горючих отходов в производстве цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 7. С. 71-76.

УДК 62-97

Белозёров Н.С.

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

МЕТОДЫ СЖИГАНИЯ НИЗКОСОРТНОГО ТОПЛИВА В ТОПКАХ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Сегодня в России, в связи с увеличением стоимости на традиционные энергоносители, увеличивается интерес к нетрадиционным, а именно к отходам растительного происхождения (лузга подсолнечника, гречихи, риса и др.). И в первую очередь у представителей сельскохозяйственной отрасли, так как стоимость утилизации данных отходов недешева, а также создание таких отвалов ухудшает экологию с/х регионов.

Значительное количество их накапливается в результате переработки зерновых культур и составляют по отношению к массе собранного урожая, %: пшеница – 175, кукуруза – 120, рис – 180, соевые бобы – 260 хлопок – 300 [1]. Поэтому, имея такую топливную базу, можно рассмотреть такой способ утилизации, как сжигание данных отходов с получением полезной энергии [2].

Сжигание в топках с кипящим слоем (КС) таких видов топлива является одним из наиболее эффективных методов. Кипящим слоем (или псевдосжиженным) называется совокупность мелких, твердых частиц, которые под действием восходящего потока воздуха витают в объеме топки. По своим свойствам КС похож на жидкость, поэтому подчиняется законам гидростатики. Достаточное количество воздуха и интенсивное перемешивание среды исключает механический недожог топлива, а поэтому КПД котельного оборудования возрастает с 60-70% (при слоевом сжигании) до 80-85%.

Котлы с КС делятся на агрегаты:

- с высокотемпературным кипящим слоем (ВТКС);
- с низкотемпературным кипящим слоем (НТКС).

Основным элементом конструкции топок с ВТКС является наклонная цепная колосниковая решетка, которую устанавливают в нижней части топочного агрегата. Она представляет собой движущуюся ленту, на которую подается топливо и где образуется КС. Решетка служит для обеспечения распределения воздуха в кипящем слое, а также удаляет из топки шлак [3].

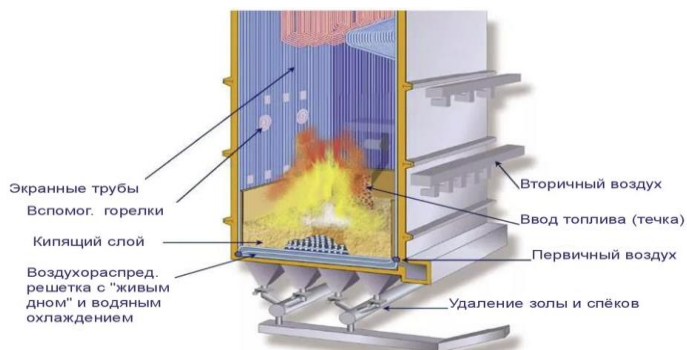


Рис. 1 Принципиальная схема топки с кипящим слоем

Сжигание топлива в топках с ВТКС происходит в два этапа: в кипящем слое, где происходит пиролиз и газификация топлива, и в верхней части топки, куда дополнительно подается воздух, который необходим для дожигания топлива и продуктов газификации. Максимальный размер частиц топлива для них может составлять 50 мм.

У таких котлов мощность может изменяться в широком диапазоне (20...100 %), а также их достаточно легко эксплуатировать. Такие котлы могут быть переоборудованы при необходимости для работы на газе или жидком топливе [4]. Недостатками котлов с ВТКС являются – наличие в топке движущихся элементов, а также необходимость установки дополнительного оборудования для того, чтобы снизить выбросы в атмосферу вредных веществ.

Одним из способов снижения выбросов является использование топок с циркулирующим кипящим слоем (рисунок 2), в которых материал непрерывно выносятся из топки в виде потока газозвеси, отделяется от газов и возвращается в топку.

В водогрейных или паровых котлах мощностью до 40 МВт используется НТКС. Обычно для таких котлов допустимый размер частиц 13...15 мм. Сжигание осуществляется в диапазоне температур 800...950 °С, что позволяет существенно снизить объем вредных примесей (оксидов серы и азота) в дымовых газах [5].

Узкий диапазон регулирования температуры является основным недостатком НТКС, это затрудняет регулировку производительности котла. Когда температура слоя опускается ниже 750 °С, горение становится неустойчивым. Когда поднимается выше 950 °С, то в слое начинается образование шлака. И то, и другое может привести к остановке котла.



Рис. 2 Топка с циркулирующим кипящим слоем

Несмотря на это такой вид топок используется чаще по некоторому ряду причин. Во-первых, как уже было указано выше, в них достаточно успешно подавляется образование соединений азота, что в свою очередь позволяет избавиться от дополнительных расходов на установку и применение дорогостоящих систем по снижению образования оксидов азота. Во-вторых, сравнительно низкая температура внутри топки позволяет использовать погружную поверхность нагрева, коэффициент теплоотдачи которой высок в силу того, что горячие частицы топлива непосредственно контактируют с поверхностью нагрева и отдают часть своей теплоты теплопроводностью. В-третьих, для того, чтобы избежать шлакования поверхностей нагрева необходимо вводить воду или пар в топку, чтобы снизить температуру слоя, но кипящий слой имеет высокие свойства абразивности, так что топки с его применением не склонны к шлакованию [6].

Получается, что использование топок с низкотемпературным кипящим слоем является хорошим методом утилизации отходов сельского хозяйства. Если использовать наработанный научный опыт, то данный сегмент энергетики сможет стать очень востребованным в отдаленных с/х угодьях, для обеспечения собственных нужд, а также на пищевых производствах с высоким коэффициентом отходов первичного сырья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулешов М.И., Погонин А.А. Конденсационный водогрейный котел для автономных систем теплоснабжения жилых, общественных и промышленных объектов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 171-173.
2. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Анализ температуры горения ТБО в водогрейном котле малой мощности // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 368-373.
3. Двойнишников В.А., Деев Л. В., Изюмов М. А. Конструкция и расчёт котлов и котельных установок. М.: Машиностроение, 1988. 264 с.
4. Повышение экологической безопасности систем теплоснабжения / М.И. Кулешов, В.И. Беляева, В.П. Кожевников и др. // Экология и промышленность России. 2012. № 7. С. 12-13.
5. Альмахамед О.А., Кузнецов В.А. Численное исследование закономерностей горения природного газа в вертикальной топке // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 163-167.
6. Глаголев С. Н., Севостьянов В. С., Гридчин А. М., Трубаев П. А., Севостьянов М. В. Техника и технологии для экструдирования и сушки техногенных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 118-123.

УДК 658.262

Белозёров Н.С.

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

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗО- И ПАРОТУРБИНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В данное время выработка технико-экономических показателей, которая требуется отрасли отечественной энергетики осложнена новыми куда более строгими требованиями, касающимися экологии, а также достаточно сложными технико-экономическими условиями, в частности, присутствует необходимость поставлять энергию на оптовый рынок в достаточно больших объемах, имея те же характеристики и свойства энергетических установок.

В нынешней ситуации самым рациональным и самым правильным решением может считаться введение методов, которые будут способствовать увеличению эффективности энергетических установок, главной целью которых является повышение общего КПД энергетических агрегатов, а также уменьшение потребления органического топлива на единицу энергии и необходимого наращивания энергетических мощностей. Более перспективными агрегатами в этом направлении могут считаться газотурбинные установки, с дымовыми газами которых обычно уходит до 70% теплоты [1].

Различают несколько путей увеличения КПД ГТУ [2]:

- повышение температуры газа перед турбоагрегатом для ГТУ простого термодинамического цикла,
- использование регенерации теплоты - применение теплоты дымовых газов в бинарных циклах,
- создание ГТУ по сложной термодинамической схеме и т. д.

Одним из самых эффективных направлений можно считать комбинированное применение газо и паротурбинных установок (ГТУ и ПТУ) для увеличения их экономических и экологических характеристик.

Не малое распространение бинарных ПГУ, а также всевозможных комбинированных схем при перестройке ТЭС поможет снизить использование топлива до 20% по сравнению со стандартными ПТУ.

Если учитывать предварительные оценки специалистов, то [3] экономичность бинарного парогазового цикла будет возрастать если увеличивать начальную температуру газов перед газотурбинной установкой и повышению доли мощности газотурбинной установки. Также огромное значение имеет то обстоятельство, что в дополнение к увеличенной топливной экономичности такие системы требуют гораздо меньших затрат, а их удельная стоимость в 1.5...2 раза меньше, если сравнивать со стоимостью газо-мазутных паротурбинных блоков и парогенерирующей установкой с минимальной газотурбинной мощностью.

Согласно представленным данным [4] достаточно легко можно выделить главные направления использования газо и паротурбинных установок в энергетике.

Первое, достаточно широко используемое в промышленно развитых странах, - применение парогенерирующей установки на базе крупных конденсационных теплоэлектростанций, которые работают на газовом топливе. Тогда куда более эффективным будет применение парогенерирующей установки утилизационного типа с высокой долей

газотурбинной мощности (рисунок 1). Применение парогенерирующей установки может позволить повысить общую эффективность использования топлива на ~ 11...15 % (ПГУ со сбросом газов в котлоагрегат), на ~ 25...30 % (бинарные ПГУ).

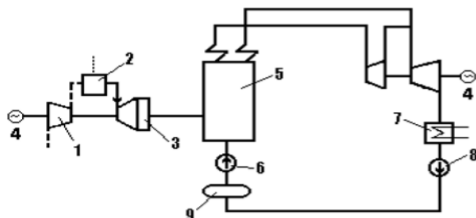


Рис. 1 Парогазовая установка с котлом-утилизатором;

1 - компрессор; 2 - камера сгорания; 3 - газовая турбина; 4. -электрогенератор; 5 - котел-утилизатор; 6 - паровая турбина; 7 - конденсатор; 8 - насос; 9 - деаэратор.

Внедрение таких систем в отечественной энергетической отрасли практически не производилось. Тем не менее, единичные образцы таких установок давно эксплуатируются, как пример можно привести парогенерирующую установку с высоконапорным парогенератором (ВПГ) типа ВПГ-50 головного энергоблока ПГУ-120 и 3-х модернизированных энергоблоков с ВПГ-120 на филиале «ТЭЦ-2» ОАО «ТГК-1». Внутри котла-утилизатора топливо не дожигается до конца, а вырабатываемый в процессе перегретый пар применяется в паротурбинной установке.

Второе направление – это использование газотурбинных установок для того, чтобы создать ПГУ-ТЭЦ и ГТУ-ТЭЦ. В последнее время предлагались различные варианты технологических схем ПГУ-ТЭЦ.

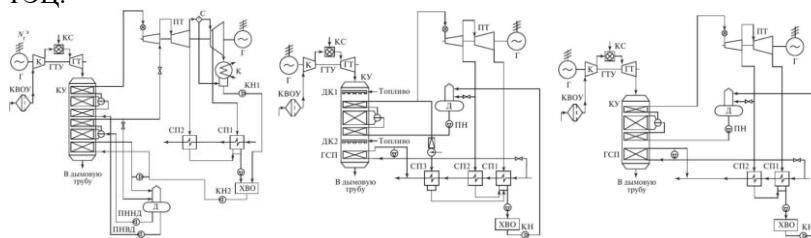


Рис. 2 Принципиальные тепловые схемы ПГУ-ТЭЦ [6]:

1 – пик потребления теплоты покрывается пиковыми сетевыми подогревателями (СП), питаемыми паром КУ; 2 – пик потребления теплоты обеспечивается в пиковых водогрейных котлах; 3 – с одноконтурными КУ, хвостовые поверхности которых выполнены в виде газового сетевого подогревателя; С – сепаратор влаги; СП К СП2 – сетевые

подогреватели; ХВО –химводоочистка; КН1, КН2 – конденсатные насосы; К – конденсатор; Г1ННД, ПНВД – питательные насосы низкого и высокого давления; Д – деаэрактор; ДПВ — деаэрактор питательной воды; Т – топливо; КУ – когел-утилизатор; ГСП — газовый сетевой подогреватель; ПЕ — пароперегреватель; И — испаритель; ЭК — экономайзер

На тепло электроцентралях, которые работают на газообразном топливе, будет целесообразно применять теплофикационные ПГУ утилизационного типа. Таким примером крупной ПГУ-ТЭЦ является Северо-Западная ТЭЦ в г. Санкт – Петербурге [5].

Третьим направлением может являться использование газовых турбоустановок для того, чтобы создать ПГУ-ТЭЦ и ГТУ-ТЭЦ малой и средней мощности используя материальную базу котельных. ПГУ-ТЭЦ и ГТУ-ТЭЦ самых лучших вариантов исполнения, которые создают на базе котельных, могут достигать КПД по отпуску электроэнергии в теплофикационном режиме работы на уровне 76...79%. Типовая ПГУ [6] представляет из себя схему двух ГТУ, для каждой из которых имеется свой котёл-утилизатор, в результате чего каждая из них помимо электроэнергии генерируют пар, который поступает в одну общую паровую турбину. В том случае, когда отсутствуют ограничения в пространстве по размещению системы такого типа, а также при использовании современных газотурбинных установок можно добиться существенного роста экономичности блока [7].

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод о том, что использование совершенно различных методов утилизации теплоты может существенно повысить общую эффективность всей системы. Существующие действующие проекты, показывают достаточно весомый экономический эффект, на их основе легко можно создавать новые капитальные проекты, учитывая все нюансы их эксплуатации, а также совершенствовать старые энергообъекты, требующие технического перевооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакалин Ю.И., Мухин Н.П., Виногляднов В.Н. Сдерживающие факторы в организации энергосбережения и вопросы получения реальной эффективности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 185-187.
2. Кулешов М.И., Погонин А.А. Конденсационный водогрейный котел для автономных систем теплоснабжения жилых, общественных и промышленных объектов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 171-173.

3. Шарапов О.Н., Шугаева М.А. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в образовательных учреждениях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 43-45.

4. Ломаченко Д.В., Шаповалов Н.А. Повышение энергоэффективности производства цемента с помощью модификаторов помола // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 153-155.

5. Кулешов М.И., Губарев А.В. Модернизация конструкции топливосберегающего газового водонагревателя, направленная на повышение его технико-экономических и экологических показателей // Промышленная энергетика. 2016. № 6. С. 24-28.

6. Жуков В.В. Электрическая часть электростанций с газотурбинными и парогазовыми установками. М.: ИД МЭИ, 2015. 519 с.

7. Кудинов А.А., Зиганшина С.К., Хусаинов К.Р., Демина Ю.Э. Разработка технологий повышения эффективности и надежности работы парогазовой ТЭС с двухконтурным котлом-утилизатором // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 44-50.

УДК 621.331

Богданова К.В.

*Научный руководитель: Добрынин Е.В., канд. техн. наук, доц.
Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия.*

УПРАВЛЯЕМОСТЬ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.

Увеличение объема перевозок является фактором, который создает дополнительную нагрузку на систему тягового электроснабжения (СТЭ). Для того, чтобы сохранить резерв устройств и не работать в режимах максимально допустимых нагрузок, изобретают возможности сберечь резерв оборудования и осуществлять оперативный контроль за изменением уровня напряжения в контактной сети. С помощью оперативного управления можно, в случае появления вероятности возникновения предаварийных ситуаций, предотвращать их заранее, тем самым сохраняя оборудование в рабочем состоянии.

Применение специальных средств, поддерживающих необходимое напряжение, а также увеличение мощности отдельных элементов тягового электроснабжения позволяет ограничить изменения

напряжения в тяговой сети. Выбор оптимального и ресурсосберегающего варианта возможно осуществить только с помощью технико-экономического сравнения методов.

Работа электрифицированных участков железных дорог в вынужденных режимах занимает особое место в регламентах ОАО «РЖД», так как при допущенных нарушениях нормальной работы системы электроснабжения персонал обязан осуществить мероприятия по устранению причин возникновения таких режимов и минимизировать их последствия. Одним из типичных случаев является выход из строя одной тяговой подстанции (а в некоторых случаях двух смежных подстанций). Одним из основных негативных последствий является вероятность работы электроподвижного состава (ЭПС) при сильно пониженном напряжении. Для исключения негативных последствий заранее усиливают системы электроснабжения или при возникших подобных вынужденных режимах приходится незамедлительно сокращать размеры движения. В подобных условиях изменение напряжения у электровазов может негативно сказаться на работе оборудования, поэтому необходимо оценивать и прочитывать их для выбора оптимального способа усиления СТЭ. Поэтому прежде всего при решении данного вопроса основную роль должно играть обеспечение надежной работы оборудования ЭПС. [4, с. 271-272].

Сегодня существует несколько методов регулирования напряжения.

1. Регулирование напряжение трансформаторов:

- плавное бесконтактное (реакторное);
- плавное контактное (роликовое);
- ступенчатое бесконтактное (тиристорное);
- ступенчатое контактное.

Чтобы получить необходимый эффект от регулирования, нужно минимизировать переключения. Для точного расчета необходимо располагать большим массивом данных для каждого из рабочих режимов работы. Пока возможно ориентироваться только на среднестатистические данные, поэтому рациональный выбор уровня напряжения и числа ступеней при регулировании является технико-экономической задачей [4, с. 243-244].

2. Применение регулируемых преобразовательных агрегатов с трансформаторами повышенной мощности в системе бесконтактного автоматического регулирования напряжения (БАРН) позволяет произвести автоматическую стабилизацию уровня напряжения преобразовательного агрегата тяговой подстанции в диапазоне от 3500

В до 3700 В ступенями через 50 В, с погрешностью регулирования плюс-минус 0,6%.

Основным недостатком существующей системы БАРН являются их массогабаритные параметры, а также значительные потери в стали и меди реакторов [1, с. 366-367].

3. Регулируемые ВДУ. При пропуске поездов повышенной массы необходимо в оперативном режиме оценивать нагрузку на систему по ходу движения ЭПС. Для управления уровнем напряжения предлагается использование вольтодобавочных устройств. ВДУ позволяют плавно регулировать уровень напряжения в пределах нескольких сотен вольт. Этого достаточно, чтобы обеспечить допустимый уровень напряжения при его просадке в режиме тяги и при его поднятии в режиме рекуперации [2, с. 366-367].

Автоматические системы управления устройствами СТЭ железных дорог помогают контролировать процесс энергопотребления в процессе перевозок.

Система, состоящая из контактной подвески двух смежных путей, тяговых подстанций, питающих линий тяговых подстанций, датчиков тока и напряжения, поста секционирования, датчиков напряжения, пунктов параллельного соединения. Система получает информацию об уровне напряжения в тяговой сети по тем координатам, где установлены датчики напряжения. Система определяет значение токов в питающих линиях на тяговых подстанциях и на постах секционирования [3, с. 28-31].

Для обеспечения передачи данных от места фиксации до сервера необходимо использовать в системе дополнительно установленные датчики, регистраторы и модуль сбора данных. Эта система позволит, согласованно управлять мощностью на тяговых подстанциях (ТП), учитывая и контролируя уровень напряжения в контактной сети на перегонах [5, с. 18-21].

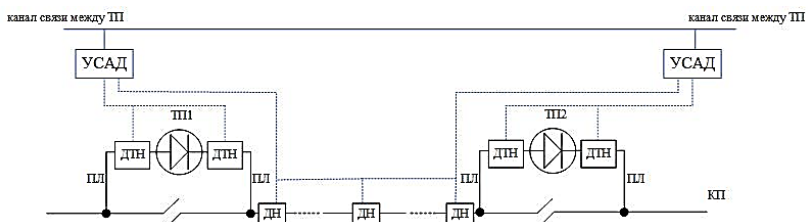


Рис. 1 Схема системы управления СТЭ однопутного участка

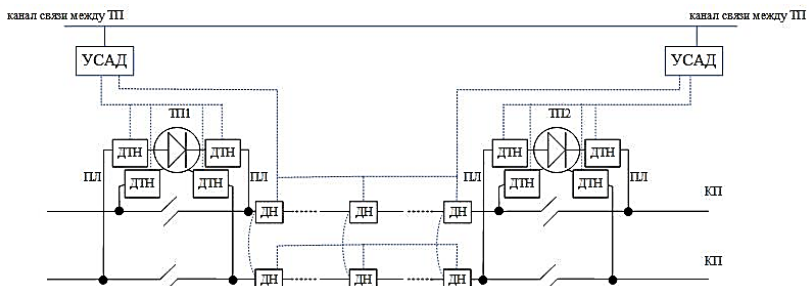


Рис. 2 Схема системы управления СТЭ двухпутного участка при раздельной схеме питания

Система, состоящая из контактных подвесок (КП), тяговых подстанций (ТП1, ТП2), питающих линий (ПЛ), датчиков тока и напряжения (ДТН), установленных на тяговых подстанциях, датчиков напряжения (ДН), установленных на перегоне, устройства сбора и анализа данных (УСАД). ДТН являются ретрансляторами, таким образом они передают данные по цепочке друг другу и на устройство сбора и анализа данных, установленное на тяговой подстанции.

Включение в систему управления УСАД расширяет функциональные возможности и повышает пропускную способность СТЭ. Использование датчиков тока и напряжения на тяговой подстанции и на посту секционирования, а также датчиков напряжения на межподстанционной зоне позволит в оперативном режиме контролировать уровень напряжения в контактной сети.

Использование системы управления в режиме профилактического подогрева позволит регулировать ток в контактной сети, обеспечивая режим прогрева проводов с учетом нагрузки создаваемой электроподвижным составом (ЭПС). При этом необходимость ограничивать на период подогрева движение поездов по участку пропадает, так как появится возможность контролировать процесс электропотребления и регулировать значение тока в зависимости от потребления нагрузкой, создаваемой ЭПС, проходящим по участку.

Предлагаемая система управления уровнем напряжения в контактной сети позволит осуществлять оперативный контроль уровня напряжения в системе тягового электроснабжения, экономя ресурс устройств, посредством предотвращения появления последствий вынужденных режимов работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аржанников, Б.А. Система управляемого электроснабжения электрифицированных железных дорог постоянного тока: монография/Б.А. Аржанников. – Екатеринбург: УрГУПС, 2010. – 176 с.
2. Добрынин Е.В., Т.В. Бошкарева, О.В. Табаков, К.В. Титоренко Применение вольтодобавочных устройств для плавки гололеда / Е. В. Добрынин, Т. В. Бошкарева, О. В. Табаков, К. В. Титоренко // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 1. – С. 365-368.
3. Добрынин Е.В., Титоренко К.В. Система контроля уровня напряжения в контактной сети/ Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Электроэнергетические комплексы и системы: история, опыт, перспектива»// - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2020. С. 28-31.
4. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. Учебник для вузов ж.-д. транспор. – М.:Альянс, 2018. – 528 с.
5. Титоренко, К. В. Эффективное управление уровнем напряжения в контактной сети / К. В. Титоренко // Энергетика и автоматизация в современном обществе: Материалы IV Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей. В 2-х частях, Санкт-Петербург, 04 июня 2021 года / Под общей редакцией Т.Ю. Коротковой. – 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4: Высшая школа технологии и энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», 2021. – С. 18-21.

УДК 621.311.22

Большакова Н.А.

*Научный руководитель: Егошина О.В., канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
г. Москва, Россия*

ВЛИЯНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩИХ РЕАГЕНТОВ НА РАБОТУ ДАТЧИКОВ АНАЛИЗАТОРОВ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

В связи с важностью непрерывного контроля и управления водно-химическим режимом (ВХР) на тепловых электростанциях и влиянием его ведения на надежность работы основного энергетического

оборудования современные системы химико-технологического мониторинга активно внедряются и успешно функционируют как на действующих, так и на вновь возводимых энергоблоках тепловых электростанций [1].

В настоящее время одним из направлений развитие систем химико-технологического мониторинга является совершенствование приборов автоматического химического контроля, таких как: кондуктометры, рН-метры, анализаторы натрия и растворенного кислорода и водорода. Надежность химических анализаторов во многом определяет надежность работы энергоблока в целом. Без знания достоверных значений параметров и динамических характеристик анализаторов химконтроля не представляется возможным осуществление качественного ведения водного режима [2].

На современных ТЭС за рубежом и в России для поддержания качества воды и пара, снижения скорости коррозии конденсатно-питательного тракта и образования отложений в пароводяном тракте преимущественно используются аммиачный или полиаминный водно-химические режимы конденсатно-питательного тракта [3].

Дозирование корректирующего реагента может осуществляться по нескольким схемам: по расходу обрабатываемой воды, по качеству воды: значение удельной электрической проводимости или величина рН. Применение автоматических анализаторов в системах управления водным режимом преследует цель получения объективных и точных результатов измерения. Поэтому к рабочим характеристикам анализаторов обычно предъявляются высокие требования [4].

Однако остается открытым вопрос исследования инерционности вышеупомянутых датчиков кондуктометров и рН-метров. Данный вопрос особенно актуален применительно к измерению сверхчистых вод в условиях нестабильной работы систем отбора и подготовки пробы на ТЭС. Отсюда появляется вопрос изучения влияния основных типов дозируемых корректирующих реагентов на динамические характеристики автоматических анализаторов химического контроля. Показание анализатора должно соответствовать действительной концентрации измеряемого компонента. Однако на результаты измерения большое влияние оказывают параметры состояния и прежде всего температура и давление, а также изменения концентраций сопутствующих компонентов [5].

Задачами исследования было изучить:

– влияние аммиака на скорость изменения удельной электропроводимости при изменении концентрации в диапазоне 100 – 1000 мкг/дм³ при постоянном расходе и температуре пробы;

– влияния хеламина в диапазоне концентраций 1 – 5 мг/дм³ на электродную систему рН-метра и датчики кондуктометра при длительном дозировании реагента при постоянном расходе и температуре пробы.

Для определения влияния концентрации дозируемого реагента (аммиака) на скорость изменения удельной электропроводности были получены экспериментальные зависимости и построены переходные характеристики зависимости удельной электропроводности кондуктометра от концентрации реагента (рисунок 1).

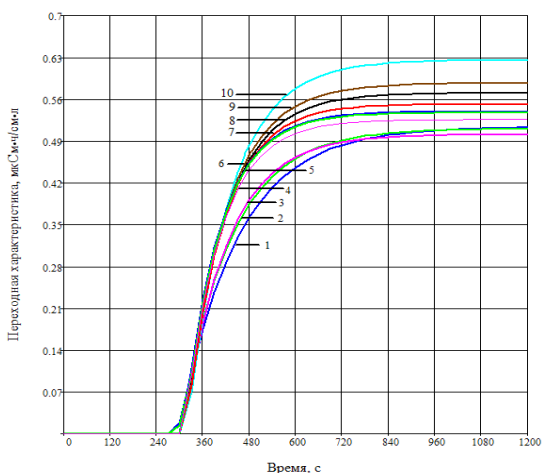


Рис. 1 Переходная характеристика по каналу «расход насоса-дозатора аммиака – удельная электропроводность» кондуктометра:

1 – 100 мкг/дм³; 2 – 200 мкг/дм³; 3 – 300 мкг/дм³; 4 – 400 мкг/дм³; 5 – 500 мкг/дм³; 6 – 600 мкг/дм³; 7 – 700 мкг/дм³; 8 – 800 мкг/дм³; 9 – 900 мкг/дм³; 10 – 1000 мкг/дм³

Из (рисунка 1) видно, что установившиеся значения переходных характеристик при различной концентрации аммиака в обрабатываемой воде 100-1000 мкг/дм³ имеют схожий характер поведения. Также увеличение концентрации аммиака приводит к увеличению установившегося значения переходной характеристики.

В результате полученных динамических характеристик кондуктометра была построена зависимость изменения постоянной скорости датчика кондуктометра от концентрации аммиака и представлена на (рисунке 2).

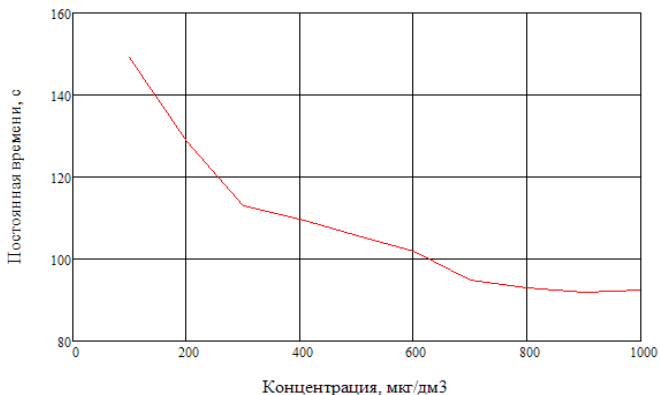


Рис. 2 Зависимость постоянной времени датчика кондуктометра от концентрации аммиака

Из (рисунка 2) видно, что при увеличении концентрации аммиака в обработанной воде постоянная времени кондуктометра уменьшается, то есть скорость изменения удельной электропроводности возрастает. Наибольшее значение постоянной времени 149,1 с достигается при концентрации в конуре 100 мкг/дм³, а наименьшее 91,8 с при концентрации в конуре 1000 мкг/дм³. Время запаздывания составляет от 300 до 360 с, статическое отклонение во время проведения всей серии экспериментов изменялось от 0,5 до 0,6.

Задача следующего исследования состояла в изучении влияния хеламина на динамические свойства автоматических анализаторов химического контроля при различных концентрациях 1; 2,5 и 5 мг/дм³.

Несмотря на то, что хеламин в течение длительного времени применяется на ТЭС, имеется много вопросов относительно использования этого реагента. Для широкого применения хеламина на энергетических объектах необходимо иметь достоверные экспериментальные данные о его поведении в пароводяном тракте и влиянии на работу анализаторов автоматического химического контроля.

Эксперимент заключался в изучении влияния концентрации реагента на электродную систему рН-метров и датчики кондуктометров при длительном дозировании. Использовались по два анализатора с аналогичными характеристиками, на которые подавался раствор реагента, однако поверхность эталонного прибора ежедневно очищалась от раствора реагента после проведения измерений. Результаты исследования представлены на (рисунках 3 и 4).

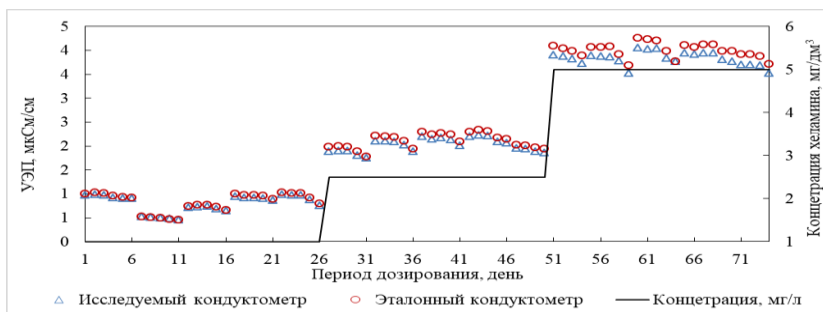


Рис. 3 Изменение удельной электропроводности при увеличении концентрации хеламина

В результате дозирования хеламина с концентрацией от 1 до 5 мг/дм³ показания исследуемого кондуктометра и эталонного мало различны, что говорит об отсутствии влияния концентрации реагента на показания кондуктометра.

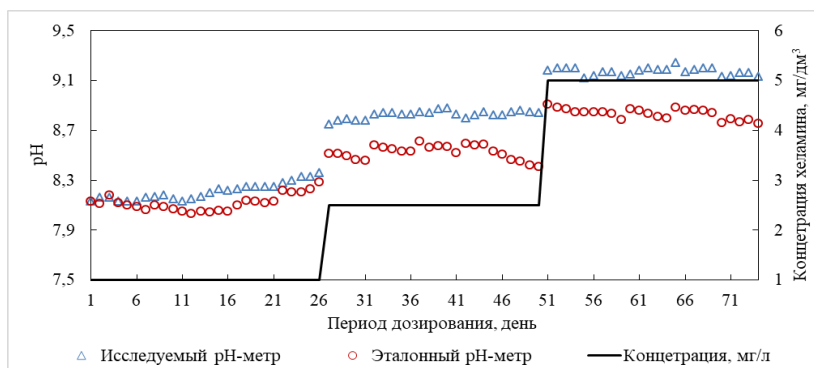


Рис.4 Изменение величины pH при увеличении концентрации хеламина

В результате дозирования хеламина с концентрацией от 1 до 5 мг/дм³ показания исследуемого pH-метра и эталонного различны, что говорит о влиянии данного реагента на показания pH-метра.

В результате длительного дозирования раствора хеламина с концентрацией от 1 до 5 мг/дм³ показания исследуемого кондуктометра и эталонного кондуктометра (рис. 3) находятся в пределах допустимой погрешности приборов ($\pm 0,1$ мкСм/см), что свидетельствует об отсутствии влияния реагента на показания кондуктометра.

При дозировании раствора хеламина с концентрацией от 2 мг/дм³ отмечено превышение допустимого предела погрешности между

показаниями исследуемого и эталонного рН-метров в 2 раза (рисунок 4), что подтверждает влияние реагента на электродную систему рН-метра.

Таким образом, при использовании раствора хеламина в качестве корректирующего реагента для ведения водно-химического режима на тепловых электростанциях необходимо периодически очищать поверхность электродной системы рН-метров для получения достоверных данных о качестве пробы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мартынова О.И., Живилова Л.М., Рogaцкий Б.С. Химический контроль на тепловых и атомных станциях // М., «Энергия». – 1980. - 318 с.

2. Егошина О.В., Воронов В.Н., Большакова Н.А., Тет Вей Лин. Исследование динамических свойств автоматических анализаторов в системах химического контроля на тепловых электростанциях// Новое в Российской электроэнергетике, 2019, № 3, с. 25-32.

3. Воронов В.Н., Петрова Т.И. Водно-химические режимы на ТЭС и АЭС// Издательский дом МЭИ, 2009.

4. Латышенко К.П. Технические измерения и приборы. Том 2, книга 1, 2 издание, исправленное и дополненное – М: Издательство Юрайт, 2019. -292 с.

5. Егошина О.В., Макарищева Н.А., Айе Мин Лат. Оценка влияния типовых нарушений водных режимов на работу автоматических анализаторов химконтроля// Энергосбережение и водоподготовка, 2015, №4 (96), с. 69-73. ISSN 1992-4658

УДК 631.563.6

Борзилова Е.Н.

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

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЁРДОФАЗНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ

Сельскохозяйственные отрасли промышленности ежегодно производили огромное количество отходов [1]. Если эти остатки попадают в окружающую среду без надлежащей процедуры

утилизации, что может привести к загрязнению окружающей среды и вредному воздействию на здоровье людей и животных. Большинство агропромышленных отходов не обрабатываются и недостаточно используются, поэтому в максимальных отчетах они удаляются либо путем сжигания, захоронения, либо незапланированной свалки. Эти необработанные отходы создают различные проблемы с изменением климата, увеличивая количество парниковых газов. Кроме того, использование ископаемого топлива также оказывает влияние на выбросы парниковых газов (ПГ). Таким образом, в настоящее время во всем мире существует необходимость в совершенствовании альтернативных, более чистых и возобновляемых биоэнергетических ресурсов [2]. Эти отходы создают серьезную проблему с удалением. Например, соковая промышленность производила огромное количество отходов в виде кожуры, кофейная промышленность производила кофейную мякоть в качестве отходов, а зерновая промышленность производила шелуху. Во всем мире найдено примерно 147,2 миллиона метрических тонн источников волокна, в то время как в 1990-х годах было оценено 709,2 и 673,3 миллиона метрических тонн остатков пшеничной соломы и рисовой соломы, соответственно. Что касается состава этих агропромышленных остатков, то они имеют высокую пищевую ценность, поэтому им уделяется больше внимания для контроля качества, а также классифицируются как побочные продукты агропромышленного производства.

Различные исследования показали, что различные виды отходов, такие как кожура граната, лимонная кожура и шелуха зеленого грецкого ореха, могут быть использованы в качестве натуральных противомикробных средств. Отходы органических соединений хотя и представляют опасность для атмосферы, но они представляют собой возможный источник для производства грибов в качестве пищевых продуктов и других продуктов на биологической основе, таких как биоэнергия и биоудобрения. Некоторые сельскохозяйственные остатки используются в качестве корма для животных. Однако такие отходы содержат различные по составу вещества, такие как большое количество белков, сахаров и минералов. Благодаря высокому питательному составу эти остатки не описываются как “отходы”, а рассматриваются как сырье для производства и разработки других продуктов. Наличие этих питательных веществ в сырье обеспечивает подходящие условия для роста микроорганизмов. Эти микроорганизмы получили возможность повторно использовать сырье с использованием процессов ферментации [3]. Агропромышленные остатки используются для надежной поддержки разработок твердофазной ферментации для

производства различных полезных продуктов. Это также помогает в производстве ферментируемых сахаров за счет снижения себестоимости производства на основе продовольственных культур. Были проведены различные исследования по изучению превращения сельскохозяйственных отходов в сахара с использованием различных микроорганизмов. Наконец, в этом обзоре описывается перспективное использование агропромышленных отходов в процессах твердофазной ферментации.

Виды агропромышленных отходов

1. Сельскохозяйственные отходы

Остатки сельского хозяйства можно далее разделить на полевые отходы и технологические отходы. Полевые отходы-это отходы, которые присутствуют в поле после процесса уборки урожая. Эти полевые отходы состоят из листьев, стеблей, семенных коробочек и стеблей, в то время как технологические отходы присутствуют даже после того, как урожай перерабатывается в альтернативный ценный ресурс.

Эти отходы состоят из патоки, шелухи, жмыха, семян, листьев, стеблей, соломы, стеблей, скорлупы, мякоти, стерни, кожуры, корней и т.д. И используются для корма животных, улучшения почвы, удобрений, производства и различных других процессов. Образуется огромное количество отходов на полях, и большинство из них используются недостаточно. Контролируемое использование отходов полей может повысить эффективность орошения и борьбы с эрозией. В регионе Ближнего Востока основными культурами являются пшеница и ячмень. В дополнение к этому, различные другие культуры, такие как рис, чечевица, кукуруза, нут, фрукты и овощи, также производятся по всему миру. Сельскохозяйственные отходы дифференцируются на основе их доступности, а также характеристик, которые могут отличаться от других видов твердого топлива, таких как древесный уголь, древесина и брикет угля [4].

2. Промышленные отходы

Ежегодно в пищевой промышленности, такой как производство соков, чипсов, мяса, кондитерских изделий и фруктов, образуется огромное количество органических отходов и связанных с ними сточных вод. Эти органические отходы могут быть использованы для различных источников энергии. По мере постоянного увеличения численности населения потребность в продуктах питания и их использовании также возросла. Таким образом, в большинстве стран в этом регионе значительно возросли различные отрасли пищевой промышленности и производства напитков для удовлетворения

потребностей в продовольствии. показывает различные составы отходов производства фруктов, которые представляют собой различные составы целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, влаги, золы, углерода, азота и т.д. И эти компоненты потенциально могут быть биохимически переварены для получения полезных продуктов, таких как биогаз, биоэтанол и другие коммерчески полезные примеры. Примерно 20% производства фруктов и овощей в Индии ежегодно идет на отходы потому что в Индии производится большое количество яблок, хлопка, соевых бобов и пшеницы. Так как производство в стране росло, оно также увеличивало процент отходов, производимых из них. Аналогичным образом, отходы пищевой промышленности содержат большое количество биохимической потребности в кислороде и других взвешенных твердых веществ. Большинство этих отходов остаются неиспользованными или необработанными, что оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду, а также на здоровье людей и животных, но в составе этих отходов содержится большое количество органических соединений, которые производят различные продукты с добавленной стоимостью, а также снижают себестоимость производства.

Особенно в нефтяной промышленности после извлечения масла из семян образуется огромное количество переработанных остатков; эти остатки известны как жмыхи. Эти отрасли промышленности вызывают загрязнение воздуха, воды и твердых отходов, поскольку эти остатки содержат высокую концентрацию жира, масла, жира, взвешенных твердых веществ и растворенных твердых веществ. Жмыхи имеют вариабельность в зависимости от их субстрата. Жмых имеет различные типы, такие как рапсовое масло торт, подсолнечный жмых, кокосовый жмых, кунжутное масло торт, горчичный жмых, пальмоядровый жмых и т.д. Эти обсуждаемые агропромышленные отходы относительно дешевы, содержат большое количество компонентов, которые имеют неограниченные перспективы для использования в качестве альтернативных субстратов для ферментации.

3. Твердофазная ферментация (ТФФ)

Любые биотехнологические процессы, в которых организмы растут на нерастворимых материалах или твердых субстратах в отсутствие или почти отсутствии свободной воды, признаются твердофазной ферментацией (ТФФ) [5]. Обычно используемыми субстратами в ТФФ являются зерновые (рис, пшеница, ячмень и кукуруза), семена бобовых, пшеничные отруби, лигноцеллюлозные материалы, такие как солома, опилки или древесная стружка, а также широкий спектр растительных и животных материалов. Соединения

этих субстратов являются полимерными и остаются нерастворимыми или слабо растворимыми в воде, но большинство из них имеют низкую стоимость и легко доступны и представляют собой концентрированный источник питательных веществ для роста микроорганизмов. Приготовление пищи путем брожения-один из старейших методов. Критическое изучение литературы показывает, что низкое количество воды или отсутствие воды в ТФФ обеспечивают ряд преимуществ, таких как простота извлечения продукта, низкая стоимость всего производственного процесса, меньший размер ферментера, сокращение последующей обработки, а также снижение энергетических затрат на перемешивание и стерилизацию. Для успешного процесса ТФФ перед началом любого процесса ферментации следует учитывать различные факторы, такие как микроорганизмы, используемая твердая основа, активность воды, температура, аэрация и тип используемого ферментера. Микроорганизмы, используемые в ТФФ, могут встречаться в виде отдельных чистых культур, смешанных идентифицируемых культур или консорциума смешанных местных микроорганизмов. Пресс-формы часто используются в ТФФ для максимального производства продуктов с добавленной стоимостью, поскольку они естественным образом растут на твердых субстратах, таких как куски дерева, семена, стебли и корни. Однако бактерии и дрожжи, которым требуется сравнительно более высокое содержание влаги для эффективной ферментации, также могут быть использованы для ТФФ, но с более низким выходом. ТФФ - это многоступенчатый процесс, включающий следующие этапы:

1. Выбор подложки

2. Предварительная обработка субстрата механической, химической или биохимической обработкой для улучшения доступности связанных питательных веществ, а также для уменьшения размера компонентов, например, измельчение соломы и измельчение растительных материалов для оптимизации физических аспектов процесса. Однако стоимость предварительной обработки должна быть сбалансирована с конечной стоимостью продукта.

3. Гидролиз преимущественно полимерных субстратов, например, полисахаридов и белков.

4. Процесс ферментации для утилизации продуктов гидролиза.

5. Последующая обработка для очистки и количественной оценки конечных продуктов.

Большинство азиатских и африканских стран регулярно включали в свой рацион различные ферментированные продукты. Различные формы активированного кислорода, такие как свободные и

несвободные радикалы, такие как супероксидные анионные радикалы, гидроксильные радикалы и пероксид водорода и выделенный кислород, соответственно, сообщили, что они могут привести к окислительному повреждению живых организмов. Таким образом, эти виды играют значительную роль во многих заболеваниях, таких как рак, эмфизема, атеросклероз и артрит. ТФФ в основном использовался с древних времен для переработки пищевых продуктов, но в настоящее время ему уделяется большое внимание в связи с увеличением использования различных видов органических отходов и увеличением производства продуктов с добавленной стоимостью. Поиск устойчивых и экологически чистых процессов для биоконверсии органических отходов в ценные продукты может заменить невозобновляемые материалы, а также преобразовать химические процессы в более чистые методы в промышленном секторе, что подчеркивает потенциал ТФФ. Особый интерес ТФФ обусловлен его относительно простым процессом, в котором используются многочисленные недорогие биоматериалы с минимальной или нулевой предварительной обработкой для биоконверсии, меньшим образованием сточных вод и способностью моделировать аналогичные микросреды, благоприятные для роста микроорганизмов. Кроме того, ТФФ открыла новую парадигму биоконверсии органических твердых отходов путем производства биологически активных метаболитов как в лабораторных, так и в промышленных масштабах. Широко сообщалось о применении ТФФ в производстве различных биопродуктов, включая ферменты, органические кислоты, биоудобрения, биопестициды, биосурфактанты, биоэтанол, ароматические соединения, корма для животных, пигменты, витамины и антибиотики. Аналогичным образом, ТФФ имитирует естественные микробиологические процессы, такие как компостирование и силосование. Поэтому рассматриваются и обсуждаются процессы твердофазного брожения и их влияние на образование продуктов с добавленной стоимостью в результате этого процесса.

4. Субстрат, используемый для твердофазной ферментации

В качестве субстрата для ТФФ используются твердые отходы различных отраслей промышленности, таких как пищевая, пивная и винная, сельское хозяйство, производство бумаги, текстиля, моющих средств и кормов для животных. Субстраты, которые остаются твердыми, также содержат низкий уровень влажности, что предпочтительно для ТФФ. Несколько исследователей использовали различные субстраты, предназначенные для их исследования, такие как рис, сейм, горох черноглазый и др. Они обнаружили, что некоторые из

отходов обладают лучшим потенциалом для использования в качестве носителя иммобилизации в ТФФ, поскольку они содержат высокую способность к поглощению воды и приемлемы в качестве хорошей скорости роста микроорганизмов. Кроме того, ТФФ открыла новую парадигму биоконверсии органических твердых отходов путем производства биологически активных метаболитов как в лабораторных, так и в промышленных масштабах. Широко сообщалось о применении ТФФ в производстве различных биопродуктов, включая ферменты, органические кислоты, биоудобрения, биопестициды, биосурфактанты, биоэтанол, ароматические соединения, корма для животных, пигменты, витамины и антибиотики. Аналогичным образом, ТФФ имитирует естественные микробиологические процессы, такие как компостирование и брожение. Поэтому рассматриваются и обсуждаются процессы твердофазного брожения и их влияние на образовании продуктов с добавленной стоимостью в результате этого процесса.

Агропромышленные отходы или остатки богаты питательным составом и биологически активными соединениями. Такие отходы содержат различные по составу вещества, такие как сахара, минералы и белки; следовательно, их следует рассматривать как “сырье”, а не “отходы” для других промышленных процессов. Наличие таких питательных веществ в этих остатках создает подходящие условия для плодovitого роста микроорганизмов. Микроорганизмы обладают потенциалом для повторного использования отходов в качестве сырья для их выращивания в процессе ферментации. Отходы агропромышленного комплекса могут быть использованы в качестве твердой основы в процессах ТФФ для производства ряда важных полезных соединений. Использование отходов сельского хозяйства и агропромышленного комплекса в качестве сырья может помочь снизить себестоимость производства и способствовать переработке отходов, а также сделать окружающую среду экологически чистой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Порожнюк Л.А., Василенко Т.А., Порожнюк Е.В. Роль экологического аудита в обращении с отходами в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 177-180.
2. Шамсиева Г.Ш., Найман С.М., Найман Мих.О., Найман М.О. Отходы населения и их распределение по городской территории // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 390-394.

3. Куцев Л.А., Сулов Д.Ю. Теоретическое описание процесса анаэробной ферментации в биогазовых установках // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 227-230.

4. Сулов Д.Ю., Темников Д.О. Тепловой баланс биореактора с барботажным перемешиванием биомассы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 182-185.

5. Смирнов К.А., Алашкевич Ю.Д., Решетова Н.С. Особенности твердофазной ферментации // Химия растительного сырья. 2009. № 3. С. 161-164.

УДК 628.16.098.4

Борзилова Е.Н.

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

СУХОЕ АНАЭРОБНОЕ СБРАЖИВАНИЕ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ И БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОДЕРЖАНИИ ТВЁРДЫХ ВЕЩЕСТВ

Органические отходы муниципальных образований, сельскохозяйственной и промышленной деятельности деградируют в течение определенного периода времени, оказывая негативное воздействие на окружающую среду [1]. Захоронение этих отходов по-прежнему является наиболее распространенной практикой в мире, что приводит к загрязнению воды и почвы фильтратом, а воздуха выбросами метана и других парниковых газов [2]. Анаэробное сбраживание с получением биометана было успешным вариантом обработки этих отходов; оно эффективно для решения экологических, медицинских и энергетических проблем. Кроме того, остатки дигестата биогазовых установок богаты макро - и микроэлементами, а также содержат фосфор и азот аммония, что делает их пригодными в качестве биоудобрений.

Анаэробное сбраживание (АС) можно разделить на влажное (ВАС) и сухое анаэробное сбраживание (САС) в зависимости от общего содержания твердых веществ (ТВ) в биореакторе. Влажный АС обычно имеет содержание ТВ в исходном сырье ниже 15%, а сухой АС имеет содержание ТВ в исходном сырье выше 20%. Влажная обработка

отходов была обычной практикой, но в последнее время исследователи и промышленные предприятия сосредоточились на сухой обработке, чтобы снизить содержание воды в реакторе и дигестате, тем самым сделав процесс более экономичным. Несколько стран мира страдают от нехватки воды, и приоритет использования воды является важным вопросом. Поскольку влажная среда для производства биогаза имеет высокое содержание воды, она требует большого расхода воды, а также требует обработки дигестата после производства биогаза такими процессами, как процесс денитрификации [3]. Следовательно, влажная среда может потребовать много энергии [4], а также привести к потере питания. С этой точки зрения, сухой АС может быть лучшей технологией с меньшим потреблением воды и сниженным содержанием воды в остатке (дигестате), что приводит к уменьшению размера реактора. Кроме того, растет рынок новых субстратов для производства биогаза. Эти субстраты или отходы домашних хозяйств, ресторанов и сельского хозяйства содержат высокое содержание ТВ и, следовательно, могут быть подходящим сырьем для процессов сухого переваривания, а не для влажного переваривания. Однако САС требует более длительного времени удерживания во время запуска, чтобы микроорганизмы могли адаптироваться к более высокой концентрации некоторых токсичных соединений, которые могут присутствовать. Кроме того, перекачка сырья и перемешивание в реакторе могут быть более сложными в процессах сухого сбраживания по сравнению с процессами влажного сбраживания.

Бумажные отходы (БО) - это твердые отходы, образующиеся в целлюлозно-бумажной промышленности [5]. Количество восстановленных волокон, используемых для производства, увеличилось в последние годы. Производство целлюлозы и бумаги включает в себя подготовку сырья, варку, отбелку, промывку/фильтрацию, просеивание, и последним этапом является сушка целлюлозы или изготовление бумаги для получения целлюлозы или бумаги. В результате этих процессов образуется большое количество отходов, таких как сточные воды и твердые отходы, в зависимости от производственного процесса и используемого материала [6]. Сухое сбраживание этих фракций твердых отходов является экономически эффективным методом надлежащего управления. Целлюлозно-бумажная промышленность может применять специальные процессы для переработки этих твердых отходов и производства энергии. Однако непокорная структура БО затрудняет микроорганизмам расщепление этого субстрата и образование биометана [7]. Следовательно, стадия гидролиза является стадией, ограничивающей скорость в процессе АС

при обработке этих богатых лигноцеллюлозой отходов. В связи с этим возникает необходимость определить подходящие условия сухого процесса АС для эффективного производства биогаза из БО.

С другой стороны, каждый год тратится впустую большой объем продовольствия, который, по оценкам, составляет около 1,3 миллиарда тонн в год. Пищевые отходы (ПО) являются подходящим сырьем для процессов АС; он богат питательными веществами и легко поддается биологическому разложению. Однако основной проблемой при переваривании ПО являются получение подходящих условий для стабильного процесса. Из-за легкой разлагаемости этих отходов гидролиз и ацидогенез обычно протекали бы хорошо и быстро, в то время как производство метана было бы стадией, ограничивающей скорость. Поэтому процесс АС необходимо эксплуатировать с регулируемыми скоростями загрузки, чтобы избежать накопления промежуточных продуктов разложения. Нестабильность в процессе часто возникает при высокой концентрации летучих жирных кислот (ЛЖК), аммиака и/или сульфидов. Кроме того, в мезофильных условиях (37 °С) процесс обладает лучшей стабильностью по сравнению с процессом в термофильных условиях (52 °С).

Основной целью данного исследования было изучение условий для мезофильного сухого АС при использовании ПО и БО в качестве модельных субстратов. Влажное анаэробное сбраживание (ВАС) является хорошо изученным процессом, но было проведено очень мало экспериментальных исследований по сухому сбраживанию ПО и БО для производства биогаза. Содержание ТВ в общей смеси в реакторах учитывалось при исследовании сухого сбраживания этих отходов, анализы периодического действия проводились при различных начальных концентрациях ТВ, а также при различной органической загрузке. Кроме того, остаток дигестата был охарактеризован для изучения его применимости в качестве биоудобрения.

1. Микроорганизмы и субстраты

Инокулят, полученный из сухого варочного котла, обрабатывающего бытовые отходы [8], отделяли от пластика вручную, а затем фильтровали через сито с пористостью 5 мм для удаления других нежелательных крупных частиц. После этого микроорганизмы акклиматизировали при 37 °С перед использованием. Инокулят после акклиматизации с содержанием ТВ 12% использовали для первой серии экспериментов, в то время как он центрифугировался в течение 15 мин для получения содержания ТВ 16% для анализа второй партии. Этот прививочный материал, используемый для анализа переваривания, как упоминалось выше, был дигестатом из крупномасштабного варочного

котла и как таковой содержит необходимые бактерии и археи для образования метана. Гидролитические бактерии расщепляют органические отходы на сахара, жирные кислоты и аминокислоты, которые затем ферментируются бактериями превращаются в органические кислоты, спирты, аммиак, двуокись углерода и водород. После этого ацетогены превращают полученные продукты в ацетат, диоксид углерода и водород, в то время как метаногены используют ацетат или диоксид углерода вместе с водородом для получения метана.

Использовались два различных типа подложек: бумажные отходы (БО) и синтетические пищевые отходы (ОП). Используемые синтетические пищевые отходы были приготовлены в соответствии с предыдущей работой с небольшой модификацией; т.е. было добавлено больше хлеба, риса и макаронных изделий для получения содержания ТВ 22%.

2. Аналитические методы

Стандартные методы для воды и сточных вод использовались для определения общего твердого, летучего твердого вещества, содержания влаги и pH для субстратов и инокулята. Для анализа концентрации общего содержания азота использовался метод Кьельдаля. Общий углерод был получен путем корректировки значения общего сухого веса углерода на содержание золы. Составы (метан, водород и двуокись углерода) полученного газа определяли с помощью газовой хроматографии (ГХ), оснащенной упакованной колонкой и детектором теплопроводности, с температурой впрыска 150 °С. Газ-носитель представлял собой азот, работающий со скоростью потока 20 мл/мин при 60 °С. Для определения содержания макро- и микроэлементов, а также микроэлементов в остатке дигестата использовался европейский стандартный метод сухого сбраживания осадка.

Периодическое сухое сбраживание ПО и БО осуществлялось путем успешного применения начальных концентраций ТВ 14%, 16%, 18% и 20% в реакторных смесях. Сравнивая сухое переваривание ПО с БО, ПО показал лучшие результаты, чем БО, достигнув на 31% и 29% более высокого выхода метана при 14% ТВ и 18% ТВ соответственно; БО содержит лигноцеллюлозу, где гидролиз является стадией ограничения скорости. Сухое переваривание ПО при более высокой органической нагрузке приводило к накоплению ЛЖК. Поэтому для стабильного и эффективного сухого переваривания пищевых отходов и бумажных отходов настоятельно рекомендуется более низкое соотношение субстрата к инокуляту 0,5.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шамсиева Г.Ш., Найман С.М., Найман Мих.О., Найман М.О. Отходы населения и их распределение по городской территории // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 390-394.
2. Порожнюк Л.А., Василенко Т.А., Порожнюк Е.В. Роль экологического аудита в обращении с отходами в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 177-180.
3. Кущев Л.А., Суслов Д.Ю. Теоретическое описание процесса анаэробной ферментации в биогазовых установках // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 227-230.
4. Суслов Д.Ю., Темников Д.О. Тепловой баланс биореактора с барботажным перемешиванием биомассы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 182-185.
5. Биндюкова А.П., Голованова С.О., Домнина А.И., Шамина Е.М. Переработка бумажных отходов // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 12 (80). С. 4.
6. Гранкин А.Ю. Переработка бумажных отходов // Естественные и технические науки. 2016. № 6 (96). С. 25-30.
7. Никонова Р.А., Дрягина Д.Р. Технологии утилизации твердых отходов целлюлозно-бумажного производства // Современные инновации. 2018. № 3 (25). С. 8-9.
8. Балданова Н.Ц., Хамнаева Н.И. О разработке комбинированного инокулята для продукта функционального назначения // Фундаментальные исследования. 2009. № 1. С. 21.

УДК 620.97

Борзилова Е.Н.

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

ОТХОДЫ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Огромное увеличение количества и разнообразия отходов, образующихся в результате деятельности человека, и их потенциально вредное воздействие на окружающую среду в целом и здоровье

населения привели к повышению осведомленности о настоятельной необходимости внедрения научных методов безопасного удаления отходов. В то время как существует очевидная необходимость свести к минимуму образование отходов и повторно использовать, и перерабатывать их, технологии для извлечения энергии из отходов может сыграть жизненно важную роль в смягчении этих проблем. Помимо извлечения значительной энергии, эти технологии могут привести к существенному сокращению общего количества отходов, требующих окончательной утилизации, которое может быть лучше отрегулировано для безопасной утилизации контролируемым образом при соблюдении стандартов контроля загрязнения [1].

На показатели образования отходов влияют социально-экономическое развитие, степень индустриализации и климат. Как правило, чем выше экономическое процветание и чем выше процент городского населения, тем больше образуется твердых отходов. Сокращение объема и массы твердых отходов является важнейшей проблемой, особенно в свете ограниченной доступности мест окончательного захоронения во многих частях мира. Несмотря на внедрение многочисленных процессов утилизации отходов и побочных продуктов, анаэробное сбраживание обладает уникальным и интегративным потенциалом, одновременно выступая в качестве процесса обработки и утилизации отходов.

1. Пути преобразования отходов в энергию

Существует множество технологий для реализации потенциала отходов как источника энергии, начиная от очень простых систем утилизации сухих отходов и заканчивая более сложными технологиями, способными обрабатывать большие объемы промышленных отходов. Существует три основных пути преобразования органических отходов в энергию – термохимический, биохимический и физико-химический.

2. Термохимическая конверсия

Сжигание отходов уже много лет используется как способ уменьшения объема отходов и нейтрализации многих потенциально вредных элементов, содержащихся в них. Сжигание может использоваться только для создания источника энергии, когда включена рекуперация тепла. Тепло, полученное в процессе сгорания, затем может быть использовано либо для питания турбин для выработки электроэнергии, либо для обеспечения прямого нагрева помещений и воды. Некоторые потоки отходов также подходят для заправки комбинированной теплоэнергетической системы, хотя качество и

надежность подачи являются важными факторами, которые следует учитывать.

Термохимическая конверсия, характеризующаяся более высокой температурой и коэффициентами конверсии, лучше всего подходит для сырья с более низкой влажностью и, как правило, менее избирательна для продуктов. Термохимическая конверсия включает сжигание, пиролиз и газификацию. Технология сжигания представляет собой контролируемое сжигание отходов с рекуперацией тепла для получения пара, который, в свою очередь, вырабатывает энергию с помощью паровых турбин. Пиролиз и газификация представляют собой усовершенствованные методы термической обработки в качестве альтернативы сжиганию и характеризуются превращением отходов в газообразный продукт в качестве энергоносителя для последующего сжигания, например, в котле или газовом двигателе.

3. Биохимическое преобразование

Процессы биохимической конверсии, которые включают анаэробное сбраживание и ферментацию, предпочтительны для отходов, имеющих высокий процент органических биоразлагаемых (разлагаемых) веществ и высокое содержание влаги. Анаэробное сбраживание-это надежная технология обработки влажных органических отходов. Органические отходы из различных источников компостируются в строго контролируемых, бескислородных условиях, что приводит к производству биогаза, который может быть использован как для производства электроэнергии, так и тепла. Анаэробное сбраживание также приводит к получению сухого остатка, называемого дигестатом, который может использоваться в качестве кондиционера почвы.

Спиртовое брожение-это превращение органической фракции биомассы в этанол путем ряда биохимических реакций с использованием специализированных микроорганизмов. Он находит широкое применение при превращении древесной биомассы в целлюлозный этанол.

4. Физико-химическая конверсия

Физико-химическая технология включает в себя различные процессы, направленные на улучшение физико-химических свойств твердых бытовых отходов. Горючая фракция отходов преобразуется в топливные гранулы высокой энергии, которые могут быть использованы при производстве пара. Топливные гранулы имеют ряд явных преимуществ перед углем и древесиной, поскольку они более чистые, не содержат негорючих веществ, содержат меньше

содержание золы и влаги, имеют одинаковый размер, экономичны и экологичны [2].

Факторы, влияющие на рекуперацию энергии из отходов

Двумя основными факторами, определяющими потенциал извлечения энергии из отходов, являются количество и качество (физико-химические характеристики) отходов. Некоторые из важных физико-химических параметров, требующих рассмотрения, включают:

- Размер составляющих
- Плотность
- Содержание влаги
- Летучие твердые вещества / Органические вещества
- Фиксированный углерод
- Общее количество посетителей
- Теплотворная способность

Часто анализ отходов для определения доли углерода, водорода, кислорода, азота и серы (окончательный анализ) проводится для расчета баланса массы как для термохимических, так и для биохимических процессов. В случае анаэробного пищеварения также необходимо учитывать соотношение C/N (показатель концентрации питательных веществ, доступных для бактериального роста) и токсичность (представляющую наличие опасных материалов, которые ингибируют бактериальный рост) [3].

Значение установок переработки отходов в энергию (WTE)

В то время как некоторые все еще путают современные заводы по переработке отходов в энергию с мусоросжигательными установками прошлого, экологические показатели отрасли безупречны. Исследования показали, что сообщества, использующие технологию преобразования отходов в энергию, имеют более высокие показатели переработки, чем сообщества, которые не используют технологию преобразования отходов в энергию. Объем переработки черных и цветных металлов с заводов по переработке отходов в энергию для вторичной переработки является значительным и растет с каждым годом. Кроме того, многочисленные исследования показали, что заводы по переработке отходов в энергию фактически сокращают количество парниковых газов, попадающих в атмосферу.

В настоящее время установки по переработке отходов в энергию, основанные на технологиях сжигания, являются высокоэффективными электростанциями, которые используют в качестве топлива твердые бытовые отходы, а не уголь, нефть или природный газ. Гораздо лучше, чем тратить энергию на изучение, извлечение, переработку и транспортировку топлива из какого-либо удаленного источника, заводы

по переработке отходов в энергию находят ценность в том, что другие считают мусором. Заводы по переработке отходов в энергию перерабатывают тепловую энергию, содержащуюся в мусоре, в высокоэффективные котлы, которые генерируют пар, который затем может быть продан непосредственно промышленным потребителям или использован на месте для привода турбин для производства электроэнергии. Установки WTE высокоэффективны в использовании неиспользованного энергетического потенциала органических отходов путем преобразования биоразлагаемой фракции отходов в газы с высокой теплотворной способностью, такие как метан. Переваренная часть отходов очень богата питательными веществами и широко используется в качестве биоудобрения во многих частях мира [4].

Превращение отходов в энергию по всему миру

В еще большей степени, чем в Соединенных Штатах, преобразование отходов в энергию процветало в Европе и Азии как выдающийся метод удаления отходов. Высоко оценивая преобразование отходов в энергию за его способность сокращать объем отходов экологически безопасным способом, генерировать ценную энергию и сокращать выбросы парниковых газов, европейские страны полагаются на преобразование отходов в энергию в качестве предпочтительного метода удаления отходов. Фактически, Европейский союз издал юридически обязательное требование к своим государствам-членам ограничить захоронение биоразлагаемых отходов на свалках.

По данным Конфедерации европейских предприятий по переработке отходов в энергию (CEWER), в настоящее время Европа ежегодно перерабатывает 50 миллионов тонн отходов на предприятиях по переработке отходов в энергию, вырабатывая количество энергии, которое может обеспечить электроэнергией 27 миллионов человек или теплом 13 миллионов человек. Предстоящие изменения в законодательстве ЕС окажут глубокое влияние на то, насколько дальше технология будет способствовать достижению целей в области охраны окружающей среды.

Взгляд на сырье для заводов по переработке отходов в энергию

Сельскохозяйственные Остатки

Ежегодно во всем мире производится большое количество растительных остатков, которые значительно недоиспользуются. Наиболее распространенным сельскохозяйственным остатком является рисовая шелуха, которая составляет 25% риса по массе. Другие остатки включают волокно сахарного тростника (известное как багасса), кокосовую шелуху и

скорлупу, скорлупу земляных орехов, солому злаков и т.д. Современная сельскохозяйственная практика обычно заключается в том, чтобы вспахать эти остатки обратно в почву, или они сжигаются, оставляются разлагаться или пасутся скотом. Однако ряд исследований в области сельского хозяйства и биомассы пришли к выводу, что, возможно, целесообразно удалить и использовать часть растительных остатков для производства энергии, обеспечивая большие объемы недорогого материала. Эти остатки могут быть переработаны в жидкое топливо или сожжены/газифицированы для производства электроэнергии и тепла [5].

5. Отходы животноводства

Существует широкий спектр отходов животноводства, которые могут быть использованы в качестве источников энергии из биомассы. Наиболее распространенными источниками являются навоз животных и птицы. В прошлом эти отходы перерабатывались и продавались в качестве удобрений или просто распространялись на сельскохозяйственные угодья, но введение более строгого экологического контроля за запахом и загрязнением воды означает, что теперь требуется какая-то форма управления отходами, что обеспечивает дополнительные стимулы для преобразования отходов в энергию. Наиболее привлекательным методом преобразования этих отходов в полезную форму является анаэробное сбраживание, которое дает биогаз, который можно использовать в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания, для выработки электроэнергии из небольших газовых турбин, сжигать непосредственно для приготовления пищи или для обогрева помещений и воды. Отходы пищевой промышленности и скотобойни также являются потенциальным сырьем для анаэробного сбраживания.

Отходы сахарной промышленности

Промышленность сахарного тростника ежегодно производит большие объемы багассы. Багасса потенциально является основным источником энергии из биомассы, поскольку ее можно использовать в качестве сырья для котлов для выработки пара для производства технологического тепла и электроэнергии. Большинство заводов по производству сахарного тростника используют жом для производства электроэнергии для собственных нужд, но некоторые сахарные заводы способны экспортировать значительное количество электроэнергии в сеть.

6. Отходы лесного хозяйства

Лесные остатки образуются в результате таких операций, как прореживание насаждений, расчистка лесовозных дорог, извлечение

стволовой древесины для производства целлюлозы и древесины и естественное истощение. Обработка древесины также приводит к образованию значительных объемов остатков, обычно в виде опилок, обрезков, коры и отходов щепы. Эти отходы часто не утилизируются и часто оставляются гнить на месте. Однако он может быть собран и использован в газификаторе биомассы для получения горячих газов для выработки пара

7. Промышленные отходы

Пищевая промышленность производит большое количество остатков и побочных продуктов, которые могут быть использованы в качестве источников энергии из биомассы. Эти отходы образуются во всех отраслях пищевой промышленности, начиная с производства мяса и заканчивая отходами кондитерского производства, которые могут быть использованы в качестве источника энергии. Твердые отходы включают кожуру и отходы фруктов и овощей, продукты питания, не соответствующие стандартам контроля качества, целлюлозу и волокна, полученные в результате экстракции сахара и крахмала, шламы фильтров и кофейную гущу. Эти отходы обычно утилизируются на свалках.

Жидкие отходы образуются при мойке мяса, фруктов и овощей, бланшировании фруктов и овощей, приготовлении мяса, птицы и рыбы, очистке и переработке, а также производстве вина. Эти сточные воды содержат сахара, крахмалы и другие растворенные и твердые органические вещества. Существует потенциал для анаэробного переваривания этих промышленных отходов с получением биогаза или ферментации с получением этанола, и уже существует несколько коммерческих примеров преобразования отходов в энергию [6].

8. Твердые бытовые отходы (ТБО)

Ежегодно собираются миллионы тонн бытовых отходов, причем подавляющее большинство из них утилизируется на свалках. Ресурс биомассы в ТБО включает гнилостные отходы, бумагу и пластик и составляет в среднем 80% от общего объема собранных ТБО. Твердые бытовые отходы могут быть преобразованы в энергию путем прямого сжигания или путем естественного анаэробного сбраживания на свалке. На свалках газ, образующийся в результате естественного разложения ТБО (примерно 50% метана и 50% двуокиси углерода), собирается из хранящегося материала и очищается, и очищается перед подачей в двигателя внутреннего сгорания или газовые турбины для выработки тепла и электроэнергии. Органическую фракцию ТБО можно анаэробно стабилизировать в быстрodeйствующем варочном котле для получения биогаза для выработки электроэнергии или пара.

9. Сточные воды

Сточные воды являются источником энергии биомассы, которая очень похожа на другие отходы животноводства. Энергия может быть извлечена из сточных вод с использованием анаэробного сбраживания для производства биогаза. Оставшийся осадок сточных вод может быть сожжен или подвергнут пиролизу для получения большего количества биогаза.

10. Отходы ЦБП

Целлюлозно-бумажная промышленность считается одной из наиболее загрязняющих отраслей промышленности и потребляет большое количество энергии и воды при различных операциях. Сточные воды, сбрасываемые этой отраслью, весьма неоднородны, поскольку содержат соединения из древесины или другого сырья, обработанные химикаты, а также соединения, образующиеся в процессе переработки. Черный щелок может быть разумно использован для производства биогаза с использованием анаэробной технологии UASB.

Установки преобразования отходов в энергию обеспечивают два важных преимущества экологически безопасного обращения с отходами и их удаления, а также получения чистой электроэнергии. Объекты переработки отходов в энергию производят чистую, возобновляемую энергию с помощью термохимических, биохимических и физико-химических методов. Растущее использование отходов в качестве способа утилизации твердых и жидких отходов и выработки электроэнергии значительно снизило воздействие на окружающую среду управления твердыми бытовыми отходами, включая выбросы парниковых газов. Преобразование отходов в энергию сокращает выбросы парниковых газов двумя способами. Вырабатывается электроэнергия, что снижает зависимость от производства электроэнергии электростанциями, работающими на ископаемом топливе. Выбросы парниковых газов значительно сокращаются за счет предотвращения выбросов метана со свалок. Кроме того, заводы по переработке отходов в энергию высокоэффективны в использовании неиспользованных источников энергии из различных отходов [4].

Экологически обоснованная и технико-экономически обоснованная методология обработки биоразлагаемых отходов имеет крайне важное значение для устойчивости современного общества. Переход от традиционных энергетических систем к системам, основанным на возобновляемых ресурсах, необходим для удовлетворения постоянно растущего спроса на энергию и решения экологических проблем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Порожнюк Л.А., Василенко Т.А., Порожнюк Е.В. Роль экологического аудита в обращении с отходами в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 177-180.
2. Солодовник М.В. Существующие технологии очистки фильтрационных вод полигонов твердых бытовых отходов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 3. С. 98-101.
3. Свергузова Ж.А., Ельников Д.А., Свергузова С.В. О возможности использования отхода сахарной промышленности для очистки сточных вод // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 128-133.
4. Зинченко М.Г., Шапоров В.П. Технология переработки твёрдых бытовых отходов и осадков сточных вод в органоминеральные удобрения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 149-152.
5. 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.
6. Чехранова О.А., Гашо Е.Г. Методы управления отходами и получение энергии в Европе и в России // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 437-447.

УДК 621.165

Бухарова К.А.

Научный руководитель: Низамова А.Ш., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет

г. Казань, Россия

АНАЛИЗ СОСТАВА И СОСТОЯНИЯ ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-3

В Казани, столицы Республики Татарстан генерирующей мощности представлены тремя теплоэлектроцентралями, самой новой из которых является Казанская ТЭЦ-3, являющаяся филиалом ТГК-16, введенная в эксплуатацию в 1968 году. На сегодняшний день установленная электрическая мощность станции 789,6 МВт, а установленная тепловая мощность 2390 Гкал/час. Отпуск теплоты

станция осуществляет как на нужды централизованного отопления города Казань в виде сетевой воды, так и на производственные нужды «Казаньоргсинтез» в виде пара различных параметров. Выработка электрической энергии осуществляется на паросиловом оборудовании 130 ата и на газотурбинной установке.

Подробнее остановимся на турбинном оборудовании данной ТЭЦ. В его состав входят турбоагрегаты, имеющие следующие наименования: Т-27/33-1,28 (2015г.), Р-50-130/13 (1971г.), Т-50-130 (1972г.), Т-105/120-130 (1973г.), Р-20/40-130/30 (1981г.), ПТ-135/165-130/15 (1983г.). Можно заметить, что все турбоустановки разных марок, что не характерно для станции, так как это ведёт к усложнению эксплуатации и ремонта оборудования. На ТЭЦ-3 данная ситуация связана с многократными расширениями станции путем установки новых турбин, в связи с постоянно увеличивающимися потребностями в электрической и тепловой энергии. Все выше перечисленные турбоагрегаты имеют высокий уровень морального и физического износа, что требует проведение модернизации станции. Вариант с заменой существующего оборудования на аналогичное малоэффективен, так как решает лишь проблему физического износа оборудования. В связи с этим целесообразно заменить существующие турбины на более совершенные и современные машины производства отечественных или зарубежных заводов, успешно зарекомендовавших себя на рынке энергетического оборудования. Однако исходя из нестабильной внешнеполитической и экономической обстановки становится более предпочтительным выбор отечественных турбоагрегатов производства УТЗ или АО «Силловые машины». Так как дефицит электрической энергии в Республике Татарстан в последние годы ликвидирован, то электрическую мощность турбин можно оставить в таких же пределах. Потребность же пара производственными потребителями снизилась по сравнению с изначально заложенной в проект станции, в связи с распадом СССР и дальнейшим экономическим спадом. Существующие расходы пара производственным потребителям приведены в (таблице 1).

Таблица 1 – Потребители тепла Казанской ТЭЦ №3

Наименование потребителя	Параметр	Нагрузка по пару		Давление	Температура	Количество отпущенного тепла	
		Гкал/ч	тн/ч			кгс/см ²	°С
ООО «СЭМ»	7-13 ата	0,055 4	0,083 7	12,8	230	485	485

ООО «КЗССМ»	7-13 ата	4,4	6,4	13,0	233	38487	38487
ПАО «Казаньоргсинтез »	7-13 ата	105,9	134,4	13,4	243	927571	227423 2
	пар свыше 13 ата	61,3	87,3	28,8	282	537186 1	
	свыше 13 ата редуцир.	19,2	28,0			681735 2	
	острый ред. пар 45 ата	60,0	87,5	44,5	285	5929	
	гор вода	13,2				115373	
ООО «Казанский завод ЖБИ»	13 ата	1,2	1,8	13,0	230	10413	10413

Исходя из приведённых в таблице данных, потребность в паре 30 ата имеется, поэтому с целью повышения экономичности имеет смысл заменить ТГ-5 (см. рисунок 1) на ГТУ с котлом утилизатором. В качестве используемого оборудования предлагается использовать газовую турбину ГТД НК-37 производства ПАО «ОДК - Кузнецов» номинальной мощностью 20 МВт (аналогично номинальной мощности ТГ-5) и котел утилизатор К-35/3,0-284-461 ТКУ-13 производства ПАО ТКЗ «Красный котельщик» с паропроизводительностью достаточной для обеспечения нужд в паре 30 ата. Данное оборудование уже хорошо зарекомендовало себя в процессе эксплуатации на Казанской ТЭЦ 1, показав высокую надежность и эффективность.

Так же можно заменить существующие турбины Т-50-130, Т-105/120-130 на дубльблок с турбиной Т-250-240 и 2 котлами ТГМП-354. Выбор столь мощного энергоблока связан с постоянно возрастающей теплофикационной нагрузкой в связи с активной застройкой жилых массивов в районе, отапливаемом с ТЭЦ-3, а так же с возрастающими электрическими нагрузками.

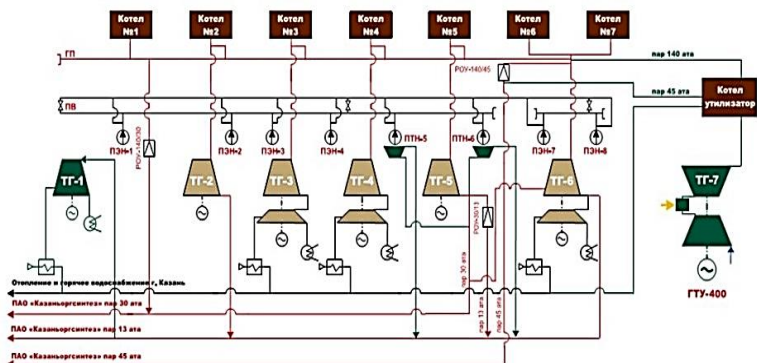


Рис. 1 Принципиальная тепловая схема КТЭЦ-3 после модернизации

Все вышеуказанные методы модернизации Казанской ТЭЦ-3 сделаны на основе проекта схемы теплоснабжения муниципального образования города Казани по 2033 год. Предложенные варианты подразумевают работу на долгосрочную перспективу, в связи с чем потенциально имеют долгий срок окупаемости, что в целом характерно для любых проектов в области энергетики. Однако сама же специфика энергетической отрасли требует проведение модернизации с целью обеспечения надежности потребителей тепловой и электрической энергией, а так же для безопасной эксплуатации оборудования персоналом электростанции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Схема теплоснабжения Муниципального образования города Казани по 2033 год (проект).
2. Казанская ТЭЦ-3: Учебное. пособие / Н.Д. Чичирова, А.М. Грибков, И.В. Евгеньев, А.Ю. Смирнов, М.А. Волков. – Казань: Казан. гос. энерг. у-т, 2010, – 300 с.
3. Волкова Е.А., Макарова А.С. Масштабы эффективного применения парогазовых и газотурбинных электростанций в электроэнергетике России в период до 2010 г. //Применение газотурбинных и парогазовых установок в энергетике и на газопроводах. XLV Научно-техническая сессия по проблемам газовых турбин. Тезисы докладов. С-Петербург, 1998.
4. Турбины тепловых и атомных электрических станций. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп./ А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний/ Под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. М.: Изд-

во МЭИ, 2001.

5. Белков М.Л., Лобов Д.Д. Сравнительный анализ газотурбинных и парогазовых технологий производства энергии // Наука, техника и образование, № 7, 2018, С. 45-47. EDN: XUEPJB

УДК 658

Валеева Г.Р.

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

ФОРМИРОВАНИЕ ГРУПП ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРОГРАММЕ СУБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

Для удовлетворения потребностей электроэнергетических компаний, предусмотрена процедура формирования инвестиционных проектов. Инвестиционный проект представляет собой создание, приобретение, реконструкцию, модернизацию (модификацию) и (или) техническое перевооружение) объектов основных средств и (или) нематериальных активов и осуществление практических действий в целях получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта. Для удобства бюджетирования, инвестиционные проекты объединяются в инвестиционную программу субъекта электроэнергетики. Но в случае секвестирования бюджета, возникает потребность в исключении части инвестиционных проектов из инвестиционной программы. Для удобства принятия решения в случае секвестирования предлагается распределение инвестиционных проектов в группы инвестиционных проектов, и дальнейшая приоритизация инвестиционных проектов внутри группы.

В настоящее время, инвестиционная программы субъектов электроэнергетики имеет следующую группировку:

- Технологическое присоединение.
- Реконструкция, модернизация, техническое перевооружение.
- Инвестиционные проекты, реализация которых обуславливается схемами и программами перспективного развития электроэнергетики.
- Прочее новое строительство объектов электросетевого хозяйства.

– Покупка земельных участков для целей реализации инвестиционных проектов.

– Прочие инвестиционные проекты.

Группа прочие инвестиционные проекты включает множество проектов, начиная от проектов, связанных с НИР и НИОКР, консолидации электросетевых активов, заканчивая покупкой канцелярских товаров под нужды конкурентного объекта. Для удобства ранжирования, предполагается разделение группы «Прочие» на следующие подгруппы:

– НИР и НИОКР, проектно-изыскательские работы;

– Развитие и модернизация средств учета, информационных технологий, линий связи;

– Консолидация территориальных сетевых организаций и электросетевых активов;

– Хозяйственное обеспечение (техника, мебель, транспорт);

– Обеспечение безопасности.

Отбор инвестиционных проектов в группу выполняется на основании результатов оценки приоритетности реализации инвестиционных проектов. На (рисунке 1). представлена процедура отбора перечня инвестиционных проектов для включения в инвестиционную программу:



Рис. 1 Процедура отбора перечня ИП для включения в ИПР

Процедура «Классификация ИП» предусматривает выполнение классификации рассматриваемого инвестиционного проекта на основании описания Группы.

Процедура «Определение показателей для ИП» предусматривает выполнение расчет/определение показателей для классифицированного инвестиционного проекта.

Процедура «Оценка ИП» предусматривает выполнение оценки приоритетности инвестиционных проектов на основании результатов

расчета/определения показателей рассматриваемого инвестиционного проекта.

Процедура «Приоритизация перечня ИП» предусматривает рассмотрение перечня инвестиционных проектов каждой группы на предмет приоритетности включения инвестиционного проекта в инвестиционную программу.

Процедура «Отбор ИП» предусматривает принятие решения о необходимости включения инвестиционного проекта в инвестиционную программу на основании результатов приоритизации перечня инвестиционных проектов. Инвестиционные проекты, являющиеся наименее приоритетными, рассматриваются структурными подразделениями на предмет исключения из перечня группы инвестиционных проектов.

Принятие решения о необходимости включения инвестиционного проекта в инвестиционную программу на основании приоритизированного перечня инвестиционных проектов выполняется экспертно с учетом значений всех основанных и справочных показателей, определенных для рассматриваемого инвестиционного проекта, а также определенных лимитов финансирования по каждой Группе инвестиционных проектов.

Ожидаемые эффекты от выделения групп инвестиционных проектов:

- Рациональное распределение средств между группами инвестиционных проектов (в зависимости от целей субъекта электроэнергетики);

- Прозрачность бюджетирования;

- Наличие инструмента, позволяющего упростить принятие решения в случае необходимости секвестрования бюджета на инвестиционную программу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Камчатова Е.Ю. Анализ инвестиционных программ энергетических компаний [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-investitsionnyh-programm-energeticheskikh-kompaniy/> Дата доступа: 07.05.2022

2. Приказ Министерства энергетики РФ от 25 апреля 2018 г. N 320 "Об утверждении форм раскрытия сетевой организацией информации об отчетах о реализации инвестиционной программы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://base.garant.ru/71986424/> Дата доступа: 07.05.2022

3. Приказ Минэнерго России от 30.04.2020 N 360 "Об утверждении формы предоставления в обязательном порядке Федеральной службой по труду и занятости информации для включения в государственную информационную систему топливно-энергетического комплекса и требований к заполнению этой формы" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://base.garant.ru/195516/?ysclid=13ae851c2j> Дата доступа: 07.05.2022

4. Приказ Минэнерго РФ от 05.05.2016 N 380". Об утверждении форм раскрытия сетевой организацией информации об. Инвестиционной программе [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://base.garant.ru/71418382/?ysclid=13ae93lml0> Дата доступа: 07.05.2022

УДК 621.311

Валева Г.Р.

Научный руководитель: Зацаринная Ю.Н., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия

ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Современный мир диктует модернизированные пути развития.

Одной из ярких тенденций, возникшей вследствие глобализации экономики, активного роста веб-технологий, нарастания острой потребности в наиболее эффективном использовании ресурсов, становится цифровая трансформация или цифровизация, в основе которой лежит редизайн форм бизнеса, ориентированный на цифровое представление данных [1].

Цифровая трансформация – рычаг цифровой экономики, заключающийся в объединении физического и цифрового миров, создании новых бизнес-моделей, процессов и универсальных коммуникаций, применимых к тем или иным областям производства в равной степени.

К важным факторам, указывающим на необходимость развития электроэнергетики, относятся:

Появление нового типа потребителя – активный потребитель, взаимодействующий с энергетическими компаниями интерактивно.

Рост цифрового спроса. Использование потребителями сложной техники и электроники, а также потребность в постоянстве энергообеспечения задают новый уровень и требования, предъявляемые к качеству и надежности электроснабжения [2].

Цифровая энергетика предполагает переосмысление фундаментальных бизнес-процессов в сторону повышения производительности труда, конкурентоспособности и надежности сети, снижения стоимости, обеспечения доступности и прозрачности услуг для потребителя, оптимизации и ускорения работы, создания интеллектуальной экосистемы, цифровых электростанций, перехода на дистанционные формы обслуживания, применения риск-ориентированного подхода, а также использования таких инновационных компонентов как система распределенного реестра (блокчейн), большие данные, искусственный интеллект, промышленный интернет вещей (индустриальный интернет), машинное обучение, цифровые двойники [3].

Технологии и решения для цифровой трансформации в электроэнергетике:

- Система управления и мониторинга надежностью энергоснабжения.

- Платформа для сбора, обработки и использования больших данных (в том числе в научных целях).

- Прогнозное планирование (стратегическое и инвестиционное), а также риск планирование.

- Клиентские сервисы для потребителей.

Интеллектуальная энергосистема подразумевает:

- создание активно-адаптивной электрической сети;

- создание автоматизированных (цифровых) подстанций;

- внедрение оборудования, создаваемого с использованием нанотехнологий — высокотемпературных сверхпроводников, композиционных материалов с уникальными свойствами, высокоэффективных электрических накопителей энергии;

- существенное повышение активности потребителей в управлении собственным электропотреблением.

В эпоху цифры и приближающейся четвертой промышленной революции («Индустрия 4.0») изменения претерпели все сферы деятельности, преобразуются и энергетические контуры в необходимости соответствовать реалиям.

Согласно прогнозу экспертов, в современной России внедрение и использование интеллектуальных сетей имеют огромный потенциал. Принимая во внимание взгляд специалистов об изношенности

«энергетической системы страны до 70%, интеллектуальные сети могут эффективно решить задачи благодаря устойчивости, удобству использования на больших расстояниях и снижению потерь с помощью надежных систем интеллектуального учета электроэнергии. К примеру, по заказу Министерства энергетики идет создание новой технологической платформы для интеллектуальной энергетической системы. Также отдельное внимание представляет формирование инфраструктуры «Сколково» с участием «умных» сетей и применение технологии в предстоящих проектах фонда. В итоге всего комплекса мер потребление энергии в России может снизиться на 40%» [4].

С удешевлением интеллектуальных решений для энергетики и развитием возможностей усовершенствованной сетевой аналитики для сетевых компаний становятся все более доступными мониторинг и переконфигурирование сети в режиме реального времени [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://innclub.info/wp-content/uploads/2017/05/strategy.pdf>. Дата доступа: 07.05.2022

2. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://innclub.info/wp-content/uploads/2017/05/strategy.pdf>. Дата доступа: 07.05.2022

3. ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://in.minenergo.gov.ru/energynet/docs/Цифровая%20энергетика.pdf>. Дата доступа: 07.05.2022

4. Программа инновационного развития ПАО «Россети» на период 2016–2020 гг. с перспективой до 2025 г. // Электрон.: издан. ПАО «Российские сети» Москва 2016. Режим доступа URL: https://www.rosseti.ru/investment/policy_innovation_development/doc/innovation_program/pdf Дата доступа: 07.05.2022

5. Цифровизация энергетики. Предпосылки, развитие, прогноз [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-energetiki-predposylki-razvitie-prognoz/viewer>. Дата доступа: 07.05.2022

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

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ДИАПАЗОНА СВЕТООТДАЧИ

Объективность составляемых рейтингов в значительной степени определяется совершенством применяемых методик обработки данных. Достоверность существующего рейтинга оказывается недостаточной, поскольку он отражает сведения о светодиодном оборудовании на основе единой десятибалльной шкалы и не учитывает значимость отдельных параметров. Комплексную оценку зачастую начинают проводить на основании значений светового потока, но в ранних исследованиях было установлено, что он в значительной степени зависит от исходной мощности модели [1-4]. По этой причине наиболее достоверную информацию дает светоотдача, которую определяют через отношение светового потока (Φ) и мощности (P). Она принята в качестве одного из базовых показателей при проведении сравнительной оценки осветительных приборов [1]. Наиболее важным среди экономических показателей для покупателя остается стоимость, которая зачастую имеет одинаковое значение у приборов с разной светоотдачей. Поэтому целесообразно цену прибора приводить к стоимости единицы светового потока. Другие параметры, такие как гарантийный срок, коэффициент мощности, на первом этапе по информативности могут быть отнесены ко вторичным [5].

Из этого следует, что удельная цена единицы светового потока и показатель светоотдачи являются наиболее информативными параметрами при начальной оценке.

Для их совокупного рассмотрения был предложен коэффициент технико-экономической эффективности, вычисляемый по эмпирической формуле [1];

$$K_{\text{эфф}} = \frac{\eta}{\gamma_{\text{руб/лм}}}, \frac{\text{лм}^2}{\text{Вт*руб}}, \quad (1)$$

где η - светоотдача светильника, лм/Вт; $\gamma_{\text{руб/лм}}$ - цена единицы светового потока, руб/лм.

Данный интегральный показатель позволяет расширить размах значений оценок в удельных единицах, не зависит от мощности и дает более достоверное представление о экономической целесообразности приобретения и качестве осветительного электрооборудования. Для получения более корректной информации, светильники стоит оценивать по принадлежности к одному из пяти классов, а не по непосредственному значению $K_{эфф}$. Основные технические параметры промышленных светильников и результаты обработки представлены по классам в (таблице 1). Из рассмотрения были исключены выбывающие из диапазонов значения фирм Комлед, Geliomaster и Ферекс составляющие 732; 473 и 8 у.е. соответственно, так как статистически могут быть отнесены к промахам. Результаты вычислений для каждого производителя представлены как доли от общего количества промышленных и уличных светильников в процентном выражении.

Второй и третий классы имеют меньшую ширину для наглядности представления, полученные значения были округлены до целых.

Таблица 1 – Распределение удельной доли осветительного электрооборудования в соответствии с принадлежностью к классу

№	Фирма	№ класса и значение $K_{эфф}$				
		I 295-384	II 250-294	III 205-249	IV 115-204	V 25-114
1	Geliomaster	19	28	16	18	18
2	Barrus Group	13	2	36	27	24
3	NEWLED	-	-	24	76	-
4	Комлед	2	4	9	55	30
5	Ферекс	-	-	-	22	78

В результате анализа, изделия фирм Geliomaster и Barrus Group можно отнести к числу наиболее энергоэффективных приборов, так как эти производители лидируют, выпуская заметную долю ОП, входящих в классы I-II. Также можно заметить, что у разных фирм распределение приборов существенно различается как по процентному соотношению, так и по наличию доли в определенном классе.

При характеристике производителей с точки зрения обеспечения светоотдачи по-прежнему в качестве нижней границы диапазона выбрано критериальное значение равное 120 лм/Вт, так как данные ранних исследований показали, что подавляющее большинство рассмотренных фирм обеспечивают светоотдачу не ниже этого уровня

[6, 7]. Верхний ее предел на сегодня расширен, поскольку большое количество светильников фирмы Geliomaster обеспечивают данное значение.

Таблица 2 – Процент обеспечения светоотдачи в эффективном диапазоне, удельная доля осветительного оборудования с максимальной и минимальной светоотдачей

№	Фирма	Удельная доля ОП % в пределах 120-180 лм/Вт	Максимальная светоотдача ОП, лм/Вт и уд.доля, %	Минимальная светоотдача ОП, лм/Вт и уд.доля, %
1	Barrus Group	75,6	160/8,8	92/2,2
2	NEWLED	100	140/59,1	135/27,3
3	Geliomaster	97	178/6,3	85/3,1
4	Ферекс	85,3	178/3	107/3
5	Комлед	97	173/2	119/2

Из (таблицы 2) видно, что фирма NEWLED обеспечивает сто процентную светоотдачу в эффективном диапазоне, однако размах значений составляет всего 135-140 лм/Вт. Фирмы Geliomaster и Комлед имеют одинаковый показатель по удельной доле в диапазоне 120-180 лм/Вт, при этом нижний предел производителя Geliomaster значительно ниже, чем у Комлед. Так же можно заметить, что значения последних трех фирм близки к величине в 180 лм/Вт, однако у фирм Ферекс и Комлед в процентном соотношении их доля очень мала. Так же было установлено, что практически все фирмы улучшили показатели по первому критерию, при этом существенно изменились максимальное и минимальное значения светоотдачи [8].

Для того, чтобы более детально рассмотреть распределение светоотдачи для каждой фирмы, построен график на основе зависимости удельной доли осветительных электроприборов от величины светоотдачи [9-11].

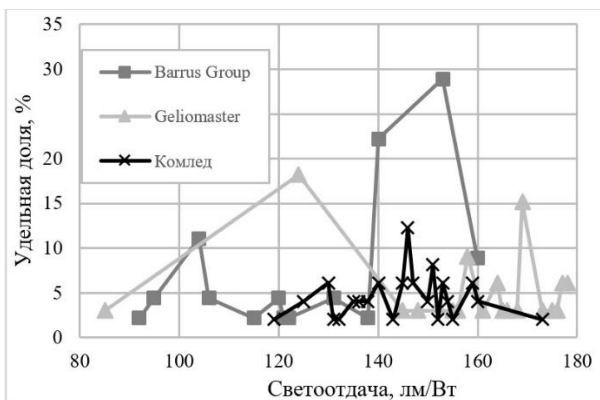


Рис. 1 Вариационные кривые распределения светоотдачи

В результате построения графика можно выделить три типа кривых: с относительно равномерным распределением (Комлед), с выраженной модой (Barrus Group) и с ниспадающим распределением (Geliomaster).

На основании параметров, представленных в каталогах фирм-производителей светодиодного оборудования последних лет, проведена предварительная оценка качества и экономической целесообразности приобретения осветительного электрооборудования ведущих фирм-производителей. Проведено разбиение источников света на классы по показателю коэффициента технико-экономической эффективности, для повышения достоверности проводимого исследования.

В результате проведенных исследований предложен новый диапазон критериального значения светоотдачи. Установлено, что верхний предел критериального значения за последние годы увеличился почти в 2 раза как за счет повышенной светоотдачи электроприборов, так за счет снижения стоимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тукшаитов Р.Х., Абдуллазянов Э.Ю., Исыхакефу А. Методика оценки технико-экономической эффективности промышленных светодиодных светильников // Современная светотехника. 2014. №1. С.58-60.
2. Тукшаитов, Р. Х., Шириев Р.Р. К устранению разночтения и неопределенности в представлении коэффициента мощности светодиодных осветительных приборов // Практическая силовая электроника. 2019. № 1(73). С. 32-36.

3. Тукшаитов Р.Х., Нигматуллин РМ., Бурганетдинова Д.Д., Исыхакефу А. Экспресс-оценка офисных светодиодных светильников по их технико-экономическому показателю // Энергетика Татарстана. 2014. №2 (34). С.72-75.

4. Тукшаитов Р.Х., Исыхакефу А., Нургалиева Э.И. Сравнение светодиодных светильников ряда ведущих фирм на основе результатов первого этапа анализа из технико-экономических показателей // Современная светотехника. 2014. №4. С.51.

5. Васина А.Ю., Тукшаитов Р.Х. Оценка удельной массы светодиодных осветительных приборов электротехнических систем и ее роль в формировании бренда фирм // Полупроводниковая светотехника. 2020. № 2(64). С. 16-18.

6. Васина А. Ю. Сравнительная оценка бренда ряда фирм на основе значений коэффициента технико-экономической эффективности светодиодных светильников // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Междунар. молодеж. науч. конф. Казань, 2020. С. 231-234.

7. Тукшаитов Р. Х., Васина А. Ю. Разработка показателей качества осветительных приборов на основе гистограммы светоотдачи для характеристики бренда фирм // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: V Национ. науч.-практ. конф. Казань, 2019. Т.1. С. 481–484.

8. Тукшаитов Р.Х. Алгоритмы предварительной оценки качества светодиодных светильников на этапе их приобретения / Энергетика Татарстана. 2014. № 1 (33). С. 48-50.

9. Тукшаитов Р.Х., Роженцова Н.В., Денисова А.Р. Исследование работоспособности и качества функционирования светодиодных осветительных элементов электротехнических систем при предельно допустимой температуре окружающей среды / Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021.23(4). С.96-104.

10. Тукшаитов, Р. Х., Васина А.Ю. Сравнительная оценка бренда ряда отечественных фирм по уровню светоотдачи номенклатуры их светодиодных светильников / Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: II Всеросс. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 289-294.

11. Исыхакефу А. Метод комплексного контроля качества светодиодных осветительных приборов на основе исследования их характеристик: автореф. дис. канд. техн. наук. Казань, 2018. С.16.

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*

ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ

На здания и строительный сектор приходится около 36% мирового потребления энергии. С учетом энергии, затраченной на строительство и снос, доля энергии увеличивается до 50% от общего энергопотребления [1]. Несмотря на значительные меры по энергосбережению, принятые развитыми странами, потребность зданий в энергии увеличилась более чем на 20% в период с 2000 по 2017 год в результате быстрого роста площади жилых помещений, относительно небольшого снижения энергоемкости и растущих потребностей в энергии энергетических услуг. Будущие сценарии энергопотребления зданий предлагают пути минимизации энергопотребления сектора к 2050 году или позже за счет интенсивного использования чистой электроэнергии и улучшения мер по повышению энергоэффективности в зданиях. Однако для достижения такой цели требуется принятие интенсивной "зеленой" политики и значительное увеличение инвестиций. Не предпринимается никаких четких шагов или даже обещаний в отношении принятия такой политики, и существует реальный риск того, что потребление энергии и производство парниковых газов в строительном секторе будут продолжать расти.

Строительный сектор оказывает значительное влияние на окружающую среду. Этот сектор производит загрязнение и отходы, а также потребляет ресурсы и сырье. Будущая декарбонизация строительного сектора также связана с широким дополнительным использованием сырья. Повышение эффективности производства, переработка отходов и приверженность принципам циркулярной экономики кажутся разумной политикой, однако это открытая и сложная задача для строительного сектора [2].

Здания потребляют почти 151 ЭДж энергии, что эквивалентно 36% конечного потребления энергии в мире. Почти 130 ЭДж, или 30% мирового потребления энергии, используется для эксплуатации зданий, а еще 21 ЭДж используется для других строительных услуг. Строительный сектор также отвечает за около 55% мирового потребления электроэнергии [3]. Несмотря на стабилизацию энергопотребления зданий в течение последних двух лет, вызванную

пандемией COVID-19 - первой с 2012 года - спрос на энергию в строительном секторе увеличился более чем на 20% в период с 2000 по 2017 год и на 7% в период с 2010 по 2017 год [4]. Это значительное увеличение было результатом быстрого увеличения площади и численности населения, растущего спроса на энергетические услуги и ограниченных улучшений в области энергоэффективности. Увеличение жилой площади на домохозяйство, по-видимому, является основной движущей силой увеличения энергопотребления в строительном секторе. Фактически, площадь жилых помещений увеличилась на 3% в период с 2017 по 2018 год и более чем на 23% с 2010 года, в то время как показатели заполняемости жилых помещений быстро снижаются как в развитых, так и в странах с формирующейся рыночной экономикой из-за роста доходов части населения [4]. Экономический рост в развивающихся странах увеличивает использование кондиционеров и бытовой техники на душу населения и увеличивает спрос на электроэнергию. В 2018 году совокупное воздействие увеличения площади и владения бытовой техникой в жилом секторе привело к увеличению спроса на энергию более чем на 2%, что значительно превысило сокращение спроса на 0,7%, вызванное повышением энергоэффективности. В результате воздействия этих структурных факторов потребление электроэнергии в период с 2010 по 2018 год выросло на 6,5 ЭДж или на 19% [4]. На жилые здания приходится почти 70% энергопотребления сектора. В период с 2010 по 2018 год потребление в жилом секторе увеличилось на 5 ЭДж, главным образом из-за увеличения численности населения и площади помещений на человека, в то время как соответствующий рост коммерческих зданий был близок к 3 ЭДж, в основном вызванный увеличением площади. Отопление помещений составляет почти треть от общего потребления, а именно 42 ЭДж. Большая часть спроса на отопление связана с развитыми западными странами, такими как США и Европа. Из-за важных мер по энергосбережению, принятых в этих странах, мировое потребление тепловой энергии не увеличилось с 2000 года, несмотря на то, что в Китае было построено 30 миллиардов квадратных метров новых зданий, что увеличило потребность страны в отоплении на 4000 ПДж или 10%

Кондиционирование помещений составляет почти 6% от общего спроса на энергию в секторе, но это самое быстрорастущее конечное потребление с темпами роста, близкими к 33% в период с 2000 по 2018 год, и 5% в период с 2017 по 2018 год. Более широкое внедрение кондиционеров увеличивает пиковый спрос на электроэнергию в теплый период и вынуждает коммунальные предприятия строить

дополнительные электростанции, работающие только ограниченное время [5]. Характерно, что в то время как средняя пиковая потребность зданий в электроэнергии для охлаждения близка к 15%, в некоторых странах она превышает 50% в жаркие дни. Перенаселение, локальное и глобальное изменение климата, увеличение пропускной способности и увеличение производственных площадей приводят к очень важному росту спроса на охлаждение. Хотя в развитых странах, таких как США и Япония, доля владельцев кондиционеров намного выше, в странах с формирующейся экономикой наблюдается быстрое проникновение кондиционеров. Например, за последние десять лет спрос на охлаждение жилых помещений в Китае ежегодно рос на 13%, с 15% в 2000 году до 60% в 2017 году, достигнув общего потребления, близкого к 1400 петаджоулям (ПДж) в год. Однако доля владельцев кондиционеров по-прежнему невелика в теплых развивающихся странах, таких как Африка или Индия, и не превышает 3% домохозяйств. Оценки будущего потребления энергии на охлаждение показывают, что к 2050 году оно может вырасти на 200% и до 2000%, в зависимости от эволюции основных экономических и климатических факторов [6]. Более высокая фильтрация кондиционеров увеличивает общее энергопотребление сектора; однако это может повысить производительность в зданиях. Как уже упоминалось, количество рабочих дней, потерянных из-за теплового стресса, составило 6,6 в развивающихся странах против 3,5 в развитых странах.

Общее потребление энергии на освещение и бытовую технику приближается к 18 ЭДЖ иросло на 2,2% в год в период с 2000 по 2017 год [6]. Несмотря на повышение энергоемкости освещения на 15%, благодаря широкому использованию светодиодных систем, существенный рост удельного энергопотребления в основном обусловлен развивающимися странами с формирующейся экономикой, где значительно возросло владение бытовой техникой. Как сообщалось, число владельцев бытовой техники с 2000 года выросло почти втрое в Индии и удвоилось в Китае и Индонезии. Энергия, потребляемая для горячей воды, составляет около 24,3 ЭДЖ, и в период с 2000 по 2017 год потребление увеличилось на 11%. Приготовление пищи требует такого же потребления энергии, как и нагрев воды, при этом около двух третей энергии обеспечивается неэффективными системами на биомассе, а электроэнергия составляет всего 6% от общего потребления [7].

Строительный сектор вносит значительный вклад в глобальное экономическое развитие, обеспечение занятости, защиту благополучия и здоровья при одновременном улучшении социальной жизни людей.

Деятельность человека в искусственной среде потребляет энергию и другие материальные ресурсы, приводит к загрязнению и отходам, влияя на глобальное и местное качество окружающей среды. Динамичный характер человеческих обществ отражает реальность строительного сектора и определяет его проблемы, возможности и общий операционный баланс. Социальные изменения, связанные с увеличением численности населения, глобальным и локальным перегревом и изменением климата, нищетой и экономической уязвимостью, социальной изоляцией и связанными с этим потоками иммиграции, требуют организованных и эффективных ответных мер и подвергают мир строительства стрессу.

В результате потребление энергии зданиями и выбросы парниковых газов увеличиваются во всем мире, в то время как технический прогресс не в состоянии компенсировать влияние основных факторов, влияющих на спрос на потребление энергии. В результате прогресс идет медленно, планы устарели и постепенно превращаются в бюрократические и волонтаристские концепции минимальной обоснованности. Нет необходимости делать ужасающие прогнозы о будущем. Должно ли будущее развитие строительного сектора определяться финансовыми возможностями и экологической или социальной благотворительностью? Достаточно ли этого для экологизации системы производства электроэнергии без радикальной трансформации финансово-экономической модели? Ответ отрицательный, поскольку это может привести к усилению неравенства, экономического неравенства и социальной дискриминации. Будущие строительные проекты должны быть экологичными, устойчивыми и направленными на максимально возможное увеличение выгод от будущего роста для всего населения. Это глобальные усилия, требующие радикальной технологической, финансовой, социальной и культурной адаптации к новой реальности, которая, к сожалению, еще недостаточно известна. Это уникальная финансовая, технологическая и социальная возможность, которую нельзя упускать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуцин С.В., Семенов А.С., Шень Ч. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 31-43.

2. Паук Ю.Ю. Энергосберегающие технологии в современном строительстве // Научный альманах. 2015. № 12. с. 280-283.
3. Змачинский А.Э., Галузо О.Г. Основы энергосбережения в строительстве. Минск: БНТУ, 2007. 277 с.
4. 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.
5. Тихомирова Т.И., Щетинина И.А., Щетинин Н.А. Энергосбережение при утеплении фасадов зданий // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 154-157.
6. Тетиор А.Н. Городская экология / А.Н. Тетиор. М.: Издательский центр "Академия", 2007. 336 с.
7. Ковалев В. Цель – экономия, или "Зеленый дом" – наше будущее? // Идеи вашего дома. 2010. № 11. С. 188-198.

УДК 338.046

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***

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА

В последнее время биотопливо приобрело большее распространение из-за ограниченных запасов нефти, энергетической безопасности и растущих экологических проблем. Биотопливо относится к любому топливу, полученному и произведенному из органических материалов, таких как растения и их остатки, сельскохозяйственные культуры, побочные продукты, которые могут быть адекватной заменой топливу, полученному из нефти. Сегодня, с развитием передовых технологий, наблюдается значительное увеличение спроса на энергию, что приводит к чрезмерному потреблению ископаемого топлива [1]. Поэтому возобновляемые источники энергии считаются возможной заменой и приобретают все большее значение во всем мире из-за своих социальных, экономических и экологических аспектов [2]. Из-за легкой доступности, экономически обоснованной причины человечество продолжает использовать ископаемое топливо вместо растительных ресурсов в качестве

источников энергии. Биотопливо можно использовать в качестве топливных добавок или в чистом виде. Кроме того, биотопливо обычно подразделяется на биоэтанол и биодизельное топливо.

Жидкое биотопливо может быть использовано в качестве альтернативного источника традиционных видов топлива в транспортном секторе, на долю которого приходится примерно 18% потребления первичной энергии. Сегодня примерно 80% жидкого биотоплива производится из биоэтанола, а остальное - из биодизельного топлива. Биотопливо отличается от других видов нефтяного сырья содержанием кислорода [3]. Уровень кислорода в них колеблется от 10% до 45% по сравнению с нефтепродуктами, в которых его нет. Биотопливо также имеет более низкие уровни серы и азота по сравнению традиционными аналогами. Увеличение выбросов углекислого газа является угрожающим сигналом тревоги, который продолжает расти, как это может привести к серьезным угрозам. В сентябре 2015 года был сделан важный шаг путем введения Целей устойчивого развития, после чего многие страны выступили с аналогичными целями, такими как США, которые планировали использовать 20% биотоплива вместо топлива для автомобильного транспорта к 2022 году [4]. Биотопливо может быть произведено различными способами, включая биологические, химические и физические методы [5].

Образование пищевых отходов является глобальной социальной проблемой, взаимодействие которой с различными другими ресурсами, такими как вода и энергия, влияет на качество окружающей среды и социальную справедливость человечества. Ситуация усугубилась с добавлением использования продовольственных культур для производства биотоплива, создавая не только прямую конкуренцию с поставками продовольствия, но и создавая все больше и больше пищевых отходов [6].

Производство пищевых отходов требует решения, основанного на передовых технологиях и прямом государственном вмешательстве. Это требует внимания с трех разных уровней; во-первых, индивидуальный анализ и сосредоточение внимания на поведении потребителей в отношении регулирования отходов и их действиях. Во-вторых, ориентируясь на местные уровни и контролируя управление районом и их цели по сокращению отходов. Наконец, на третьем этапе осуществляется мониторинг более высоких уровней управления, связанных с ними инвестиций и т.д. Трудно полностью устранить пищевые отходы, особенно когда они связаны с производством

биотоплива, но при значительных мерах их можно свести к минимуму [4].

Производство биотоплива оказывает значительное влияние на производство энергии. Поколение первого, второго, третьего и четвертого поколений потребляет значительное количество энергии. Благодаря биотопливу нетрадиционные ископаемые виды топлива привлекли огромное внимание в качестве потенциального источника энергии. Для производства биотоплива используется биомасса, и в последнее время биомасса, получаемая из целлюлозных биоэнергетических культур, может сыграть ключевую роль в будущих энергетических системах. Поскольку биоэнергетический потенциал ограничен во всем мире, крайне важно рационально использовать другие ресурсы. Энергетическая связь в значительной степени взаимозависима со связью между водой и продовольствием. Таким образом, экономия энергии и тщательное использование продуктов питания и управление растениеводством уменьшат дефицит энергии во всем мире. Такие культуры, как просо и лигноцеллюлоза, более подходят для производства более качественной энергии на биотопливе и требуют меньше воды, площади обрабатываемых земель и агрохимикатов [6]. Управление энергетической информацией (EIA) отслеживало выработку термоэлектрической энергии из ископаемых видов топлива, а другие источники, такие как уголь, природные газы и ядерные источники, могут увеличиться на 22% с 2005 по 2030 год. Если объединить потребление воды для производства биотоплива, то этот показатель увеличился на 6,2 млрд м³. Это сигнал тревоги о нехватке и дефиците энергии, воды и продовольствия.

Биотопливо первого поколения обладает рядом преимуществ, но страдает от существенных ограничений, таких как: участие в пищевой цепочке и прямая конкуренция с производством продуктов питания; использование сырья вместо источников энергии может увеличить дефицит продовольствия стоимость производства относительно высока использование специфических растительных продуктов приводит к отказу от других необходимых продуктов, доступных из источника, и снижает эффективность землепользования. Биотопливо второго поколения в основном производится из лигноцеллюлозного сырья. Эта биомасса, как правило, несъедобна и имеет мало преимуществ по сравнению с биотопливом второго поколения, в том числе: она не мешает производству продуктов питания; более высокая производительность на единицу площади земли; повышенная эффективность землепользования, поскольку она включает наземный растительный материал и отходы. Однако производство биотоплива

второго поколения требует более сложного оборудования и увеличения инвестиций. Третье и четвертое поколения также обеспечивают лучший вариант для производства биотоплива, но исследовательская экспедиция отнимает много времени и требует квалифицированного обращения [6].

В ходе исследования в данной статье был изучен вопрос использования биотоплива как источника энергии.

В наше время производство биотоплива постоянно растет. С учетом тенденций и данных очевидно, что производство биотоплива из съедобных источников является перспективным, экономически жизнеспособным и стабильным источником. Эффективность производства биодизельного топлива зависит от стандартных процедур, применяемых при производстве и переработке, а также от достижений в области извлечения масла. Ферментативные, биохимические и перезтерификационные технологии могут заменить традиционные методы производства биотоплива и являются более экологичными и безопасными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мониторинг выхода биогаза с тела полигона ТКО / П.А. Трубаев, А.С. Клепиков, О.В. Вережкин и др. // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 252-259.

2. Чехранова О.А., Гашо Е.Г. Методы управления отходами и получение энергии в Европе и в России // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 437-447.

3. 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.

4. Мирошникова О.В., Борисов И.Н. Использование различных горючих отходов в производстве цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 7. С. 71-76.

5. Абдельсатер Х.И., Шевченко Д.В. Биоэнергетика автотранспорта // Вестн. РУДН. Сер. Инж. исслед. - 2011. - N 4. - С.52-59.

6. Бондаренко А.Н., Тихомирова Т.И. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области // Энергетические системы. 2016. С. 45-50.

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*

ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ГЕОПОЛИТИКА

Двумя крупнейшими проблемами, связанными с ископаемым топливом в XXI веке, являются ухудшение состояния окружающей среды и нехватка ресурсов. Экологические проблемы включают глобальное изменение климата, внешние воздействия на окружающую среду, токсичность воздуха, удаление твердых отходов и др. Нехватка ресурсов возникает из-за истощаемости ископаемого топлива и неравномерного распределения его в мире. Кроме того, энергетическая геополитика, которая в последние годы усиливается среди держав, создает дополнительные проблемы.

В настоящее время глобальная энергетическая система на 85,5% зависит от ископаемого топлива, но зависимость от ископаемого топлива варьируется от 32,1% до 100% в разных странах. Зависимость от ископаемого топлива в Китае составляет 87,0% и является одной из самых высоких в мире, в то время как в США составляют 85,3%, ЕС - 75,4%, Индия - 92,5%, Россия - 87,1% и Япония - 90,8%. Из 87 стран, которые имеют показатели производства и потребления, 45 потребляют больше ископаемого топлива, чем производят. Остальные 42 страны производят больше, чем потребляют. ЕС является крупнейшим импортером с 926,8 млн тонн нефтяного эквивалента, млн тонн в годовом исчислении, наряду с Китаем (645,6 млн. т. н. э.), Япония (403,6 млн. т. н. э.) и США (339,2 млн. т. н. э.) следуют за ними. Россия является крупнейшим экспортером, следом идет Саудовская Аравия (417,7 млн. т. н. э.), а затем Австралия (268,2 млн. т. н. э.) [1]. Высокий уровень зависимости от импорта ископаемого топлива, особенно крупнейших потребителей, создает проблемы с безопасностью энергоснабжения

Модели логистического замещения предполагают, что новый источник энергии и связанная с ним технология выходят на рынок, борются с доминирующим источником и, если они достаточно компетентны, выигрывают конкуренцию, увеличивая свою долю рынка. Новый источник энергии должен быть лучше предыдущего с точки зрения теплотворной способности, экологичности и практичности в использовании, чтобы иметь возможность заменить его.

Эта модель, которая объясняет переход от древесины к углю и угля к нефти, предсказала бы, что газ станет доминирующим.

Двунаправленная взаимосвязь существует между глобальной энергетической геополитикой и ископаемыми видами топлива в периоды серьезных скачков цен в 1970-х и 2000-х годах. Они определили две основные геостратегические проблемы: замещение энергии и дефицит ресурсов в эти периоды [2]. Ожидаемые цены на газ и уголь, основанные на прошлых тенденциях, менялись три раза; первый раз в период первого кризиса 1973-1986 годов, а второй и третий - в период второго кризиса 1998 года по настоящее время (рисунок 1.).

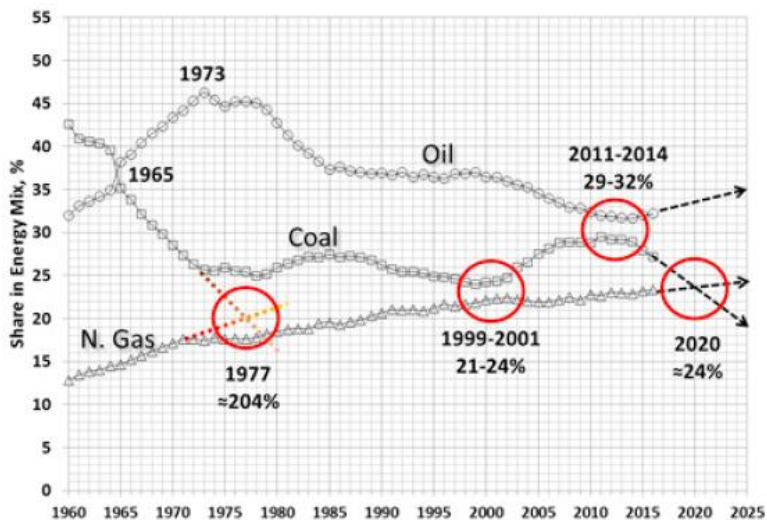


Рис. 1 Изменение доли ископаемых видов топлива в мировом энергобалансе, 1960-2016 гг [1]

В первом периоде ожидалось, что газ продолжит расти, в то время как уголь продолжит свое быстрое снижение до встречи на 20,4% в 1977 году. Вместо этого доля нефти достигла пика в 1973 году (46,2%), уголь перестал снижаться после 1974 года (25,5%), а рост добычи газа замедлился после 1971 года (17,6%). За этот период рыночная доля нефти (9,0%) была заменена ядерной (4,1%), газовой (2,0%), уголь (1,7%), гидроэнергетика (1,0%) и возобновляемые источники энергии (0,1%). Высокие цены и проблемы безопасности поставок нефти, особенно в развитых странах, привели к этим изменениям [3].

Аналогичным образом, во время второго кризисного периода с 1998 года ожидалось, что газ будет расти до тех пор, пока он не сократит

кривую угля на 21-24%, чтобы стать вторым наиболее используемым источником энергии после нефти где-то с 1999 по 2001 год. Вместо этого уголь увеличился, а газ уменьшился. Наконец, с 2011 по 2014 год ожидалось увеличение добычи угля и сокращение кривой снижения нефти на 29-32%, но нефть начала расти, а уголь начал снижаться. На этом этапе нефть (-5,7%) и ядерная энергия (-1,7%) были заменены углем (3,8%), возобновляемыми источниками энергии (2,3%), газом (1,1%) и гидроэнергией (0,3%) [4]. В этот период, хотя долгосрочная историческая тенденция предсказывала бы, что доля угля будет продолжать снижаться, уголь заменит газ.

Китай способствовал этим изменениям. В связи с увеличением потребления угля доля нефти также снизилась с 38,7% до 32,9%, но потребление нефти продолжало расти в глобальном масштабе. Значительного снижения в первый кризисный период из-за высоких цен на нефть в этот период не наблюдалось. Другими словами, высокие цены на нефть не повлияли на потребление нефти, в первую очередь из-за разработки нетрадиционных месторождений нефти и газа. В этот период возобновляемые источники энергии источники, увеличили свои доли до гораздо более высокой стоимости, чем за предыдущий период, с 43,4 млн. т. н.э. (0,5%) в 1998 году до 364,9 млн. т. н.э. (2,8%) в 2015 году. С другой стороны, в то время как гидроэнергетика увеличивалась на обеих фазах, ядерная энергия росла на первой и снижалась на второй.

Усиление энергетической геополитической конкуренции между державами в кризисные периоды приводило к изменению тенденций в прошлом. Основными динамиками этих периодов являются:

- усиление геополитической напряженности в глобальном масштабе;
- различия между государствами с точки зрения потребностей в энергии и владения местными запасами;
- неопределенность в отношении роли государства и рынка на уровне реализации.

Другими словами, державы попытаются решить свои проблемы энергетической безопасности, используя внутренние активы, человеческие ресурсы, технологии и т.д.

Пути Китая и России сильно отличаются от путей США и ЕС. Уголь всегда доминировал в Китае, и хотя, его доля снизилась с 90,5% в 1965 году до 71,1% в 2016 году, доля нефти выросла с 8,7% до 21,8%. Газ всегда доминировал в России, и в то время как доля угля снизилась с 26% в 1985 году до 14,9% в 2016 году, доля газа выросла с 41,5% до 59,9%, заменив уголь [5]. Китай будет продолжать делать акцент на угле, в то время как русские - на газе. Революция в области

возобновляемых источников энергии, которая недавно произошла в Китае, безусловно, заменит негативные последствия использования угля чистыми возобновляемыми источниками энергии. С другой стороны, Россия продолжит потреблять традиционную нефть и газ [6].

Почти все согласны с тем, что мировая экономика вряд ли оставит ископаемые виды топлива в качестве доминирующего источника энергии, и их производство будет продолжать расти в течение нескольких десятилетий, даже если их доля сократится. Также очевидно, что переход к низкоуглеродной экономике будет возможен только при декарбонизации, которая может быть осуществлена двумя способами:

– увеличением доли низкоуглеродного ископаемого топлива, такого как газ;

– увеличением доли возобновляемых источников энергии.

Газ, по-видимому, вряд ли станет доминирующим в нынешних энергетических геополитических условиях; причина в том, что разные страны будут следовать разным путям перехода на газ и другие источники энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ediger V.Ş. An integrated review and analysis of multi-energy transition from fossil fuels to renewables // Energy Procedia, 2019. № 156. P. 2-6.

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

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

4. Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Эффективность солнечных водонагревательных установок в условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 416-420.

5. Мастепанов А.М. Топливо-энергетический комплекс России на рубеже веков - состояние, проблемы и перспективы развития. Справочно-аналитический сборник / Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: ГУ ИЭС, 2010. 792 с.

6. Бондаренко А.Н., Тихомирова Т.И. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 45-50.

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*

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ: ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ

Мировой спрос на энергию быстро растет благодаря непрерывному экономическому прогрессу и развитию энергетических технологий. И наоборот, традиционные производные нефти, например: уголь, нефть и горючий газ, которые были ключевым источником энергии со времен промышленной революции, сталкиваются с увеличением потребления. Таким образом, миссия по созданию неисчерпаемых и чистых источников энергии из энергии ветра, солнца и водорода становится более актуальной. В 2018 году энергия ветра обеспечивает около 5% от общего потребления энергии в мире. Ожидается, что энергия ветра составит около (20% и 35%) от общего объема мировой энергии в (2030 и 2050 годах) соответственно. Мировое производство энергии при помощи ветроэнергетических установок достигло 690,8 ГВт в 2018 году, а Европа заняла первое место с 259 ГВт и 13290 ветроэлектростанциями. Мощность ветроэлектростанций в Китае самая высокая в мире – 123,805 ГВт. США обеспечивают самую высокую мощность ветра в Северной и Южной Америке и вторую в мире с 98,94 ГВт. Германия занимает самое высокое место в Европе и третье место в мире с показателем 52.828 ГВт. Африка имеет самую низкую выработку энергии с помощью ветроэлектростанций на мировых континентах – 5,7 ГВт с 87 ветроэлектростанциями. Мощность ветроэнергетики в Южной Африке является самой высокой в Африке и составляет 2295 МВт. Египет занимает третье место и производит около 810 МВт энергии при помощи ветра, и ожидается, что потенциал этого производства достигнет (1500 МВт и 2500 МВт) в (2030 и 2050 годах) соответственно [1]. Производство электроэнергии за счет энергии ветра в Египте началось в 1997 году на 6 МВт и постепенно увеличивалось, достигнув 810 МВт в 2018 году. Европейские страны являются пионерами в области морского ветра. Уже около 20 лет Дания использует его для подачи электроэнергии.

Чистая и зеленая ветроэнергетическая система является одним из возобновляемых источников энергии, которые вырабатывают электроэнергию без использования источников ископаемого топлива.

Поэтому интерес к ветроэлектростанциям как к подходящему источнику возобновляемой энергии становится все более актуальным. Ветряная турбина используется для преобразования кинетической энергии воздуха в механическую энергию для электрических генераторов для получения электрической энергии. Она может вращаться либо вокруг горизонтальной, либо вокруг вертикальной оси, образуя либо ветротурбину с горизонтальной осью, либо ветротурбину с вертикальной осью [2]. Обычно используются ветротурбины с горизонтальной осью благодаря их нескольким достоинствам, простой конфигурации, особенно для более высоких скоростей, помимо их высокой эффективности и низкой стоимости [3].

В ветротурбинах с горизонтальной осью электрический генератор находится на вершине башни, как показано на (рисунке 1). Коробка передач используется в большинстве ветроэлектростанций для получения подходящей скорости для приведения в действие электрогенератора из-за более медленного вращения лопастей ветротурбины. Конфигурация ветротурбины с горизонтальной осью производит максимальное количество энергии по сравнению с другим типом благодаря высокому основанию башни. Замечено, что при увеличении высоты башни на 10 метров скорость ветра увеличивается на 20%, что приводит к увеличению генерируемой выходной мощности на 34% [4]. Переменный шаг лопастей является основным преимуществом, потому что позволяет лопаткам турбины оптимально регулировать угол наклона для достижения максимального количества энергии. Эффективность ветротурбин с горизонтальной осью относительно высока в пользу перпендикулярного перемещения лопастей турбины. Недостатками этой конфигурации являются: более высокая стоимость конструкции башни для размещения генератора, коробки передач и тяжелых лопастей, установка радара влияет в дополнение к помехам сигнала из-за отражений от высокой башни; они требуют дополнительного механизма управления для управления направлением лопаток турбины [5].

Лопастей ветряных турбин с вертикальной осью вращаются вокруг вала, который расположен вертикально к земле. Одним из преимуществ этого типа является то, что ветер все время перпендикулярен лопастям. Следовательно, никакого дополнительного контроллера не требуется по сравнению с турбинами с горизонтальной осью.

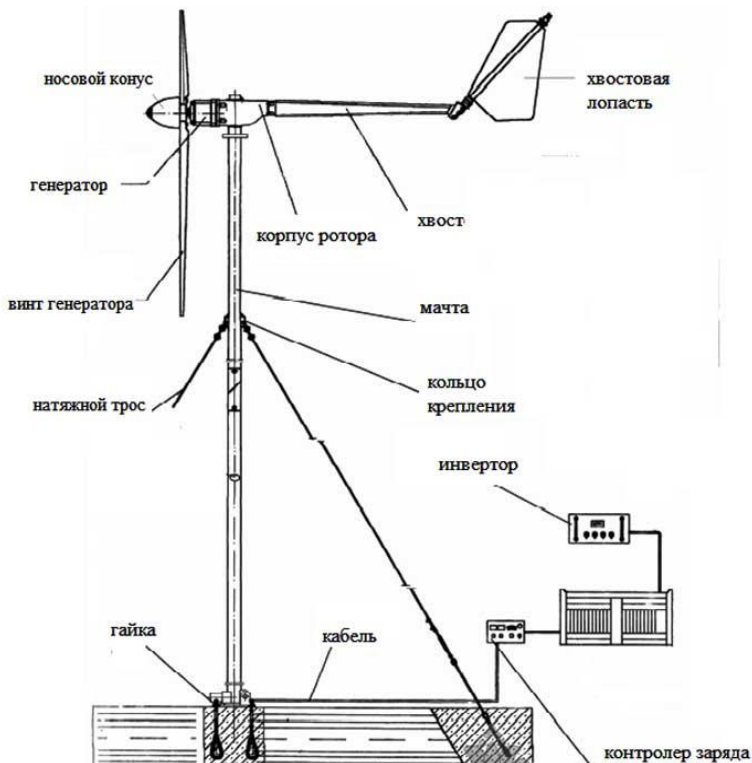


Рис. 1 Ветрогенератор с горизонтальной осью

Ветряные турбины с вертикальной осью имеют более простой процесс технического обслуживания по сравнению с ветряными турбинами с горизонтальной осью. Благодаря конфигурации, представленной на (рисунке 2), коробка передач и генератор закреплены на земле. Ветряные турбины с вертикальной осью имеют меньший уровень шума из-за их меньшей скорости. Данный тип ветроустановок может выполняться во многих местах, таких как шоссе и крыши. В отличие от горизонтальных ветрогенераторов, эффективность вертикальных относительно меньше при более медленном вращении из-за более коротких башен. Более высокие скорости не могли быть достигнуты при более короткой башне. Таким образом, генерируемая выходная мощность от типа ветряных турбин с вертикальной осью меньше.



Рис. 2 Ветроурубина с вертикальной осью

В данной статье представлен сравнительный обзор основных видов ветроурубин, а также произведен обзор существующего положения ветроэнергетического комплекса в мире.

Следует отметить, что применение тех или иных видов ветроурубин может быть ограничено метеорологическими характеристиками региона [6]. Кроме того, оно может быть невозможно в связи с низкими скоростями ветра, что не позволит выработать достаточное количество энергии, или же это будет в принципе невозможно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wind Energy Conversion System Topologies and Converters: Comparative Review / Kotb B. Tawfiq, Arafa S. Mansour, Kotb B. Tawfiq, Arafa S. Mansour, H. Ramadan and oth. // Energy Procedia. 2019. № 162. pp. 38-47
2. Безруких П.П., Безруких П.П. (мл.), Грибков С.В. Ветроэнергетика: Справочно-методическое издание / Под общей редакцией П.П. Безруких. М.: ИнтехэнергоИздат, Теплоэнергетик, 2014. 304 с.
3. Зеленая экономика. Новая парадигма развития страны / С.Н. Бобылев, В.С. Витняков, И.И. Комарова и др.; под общ. ред. А.В. Шевчука. М.: СОПС, 2014. 248 с.

4. Бондаренко А.Н., Тихомирова Т.И. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 45-50.

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

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 620.92

Ващенко Д.Д., Патрикеев Д.Ю.

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

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ: ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ

В отчете о Целях устойчивого развития (ЦУР) [1] освещаются риски, связанные с воздействием изменения климата на разрушение и обращение вспять десятилетий прогресса в области неравенства, продовольственной безопасности и других ЦУР. В этом контексте переход к глобальной энергетической системе имеет первостепенное значение, поскольку на потребление энергии приходится большая часть глобальных выбросов парниковых газов (ПГ). Переход к более высокой доле возобновляемых источников энергии (ВИЭ) упростит достижение всеобщего доступа к чистой и доступной энергии, сокращение выбросов парниковых газов и сокращение дефицита воды за счет устранения пресной воды использование на тепловых электростанциях. Этот переход уже начался с возобновляемых источников энергии, обеспечивающих более 27% мирового производства электроэнергии к концу 2019 года, в том числе около 11% генерируется за счет новых технологий использования возобновляемых источников энергии, в основном ветряных турбин и солнечной фотоэлектрической энергии [2]. Благодаря снижению затрат возобновляемая электроэнергия становится все более конкурентоспособной с традиционными тепловыми электростанциями: в некоторых регионах затраты на возобновляемые источники энергии ниже, чем эксплуатационные

расходы существующих электростанций на ископаемом топливе и атомных электростанциях, а солнечная энергия стала наименее затратным источником электроэнергии. Аналогичная тенденция наблюдается и в секторе теплоснабжения: около 10,1% тепла, используемого во всем мире в 2019 году, было произведено из устойчивых источников, включая возобновляемую электроэнергию. Транспортный сектор по-прежнему отстает в принятии устойчивых решений: несмотря на быстрое развитие электрификации гибридов и синтетических видов топлива, нефть и нефтепродукты обеспечивают подавляющую часть спроса на энергию.

Для описания перехода энергетического, теплового и транспортного секторов к возобновляемому энергоснабжению был рассмотрен широкий перечень технологий, в общей сложности технологии можно разделить на шесть основных категорий [3].

- производство электроэнергии: возобновляемые, ископаемые и ядерные технологии;

- производство тепла: технологии использования возобновляемых и ископаемых источников энергии;

- транспорт: автомобильный, железнодорожный, морской и авиационный;

- хранение энергии: электричество, тепло и топливо;

- технологии сопряжения энергетического сектора;

- технологии передачи электроэнергии.

Технологии производства электроэнергии на основе ископаемого топлива включают конденсационные электростанции, газовые турбины открытого цикла и парогазовые установки (ПГУ), атомные электростанции и комбинированные теплоэнергетические установки на основе угля, газа и нефти (ТЭЦ). Производство возобновляемой электроэнергии включает в себя солнечные фотоэлектрические технологии (с оптимальным фиксированным наклоном, одноосным отслеживанием с севера на юг и фотоэлектрическими установками на крыше для жилых, коммерческих и промышленных сегментов), ветряные турбины (на суше, на море), гидроэнергетику (русло реки и водохранилища), геотермальная энергия и биоэнергия (электростанции на твердой биомассе и ТЭЦ, биогазовые и перерабатывающие отходы в энергию ТЭЦ) [4].

Технологии отопления подразделяются на технологии централизованного теплоснабжения или коммунального отопления, включая котлы на ископаемом топливе (на угле, газе и мазуте), прямое электрическое отопление и тепловые насосы, параболические поля с концентрацией солнечной тепловой энергии, геотермальные и

районные тепловые станции на твердой биомассе. Индивидуальные технологии отопления включают небольшие котлы на ископаемом топливе (газовые), прямые электрические нагреватели и тепловые насосы, котлы на твердой биомассе и биогазе [5].

Транспортный сектор делится на четыре категории: автомобильный, железнодорожный, морской и авиационный. Автомобильный пассажирский транспорт делится на транспортные средства малой грузоподъемности, автобусы и 2–3-колесные транспортные средства. Автомобильные грузовые перевозки делятся на транспортные средства средней грузоподъемности и транспортные средства большой грузоподъемности. Для всех автотранспортных средств модель учитывает четыре типа силовых агрегатов: обычные транспортные средства с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), подключаемые гибридные электромобили, электромобили на аккумуляторах и транспортные средства на топливных элементах на основе водорода. Железнодорожные пассажирские и грузовые перевозки состоят из поезда с электрическим двигателем и ДВС. Морской пассажирский и грузовой транспорт представлен судами, работающими на электромоторах, сжиженном метане и жидком топливе. Авиационный пассажирский и грузовой транспорт представлен авиацией на основе электроэнергии, водорода и жидкого топлива.

Технологии хранения энергии можно разделить на три основные категории. Кратковременное хранение: аккумуляторы и гидроаккумуляторы с перекачкой энергии. Технологии среднесрочного хранения – это адиабатическое накопление энергии сжатого воздуха при высоких и средних температурах технологии хранения тепловой энергии. Долгосрочное хранение газа, включая технологию преобразования энергии в газ.

Технологии соединения секторов включают технологии синтеза топлива: электролизеры и другие технологии синтеза. Технологии преобразования энергии в тепло (прямые электрические нагреватели, районные и индивидуальные тепловые насосы) и преобразования тепла в энергию (паровые турбины); и другое: технологии опреснения морской воды, хранения и перекачки воды. Эти технологии позволяют преобразовывать энергию или продукты из одного сектора в ценные услуги или энергию для другого сектора, повышающий общую эффективность системы и обеспечивающий дополнительную гибкость системы [6].

Технологии передачи электроэнергии включают высоковольтные линии электропередачи переменного тока и постоянного тока и

преобразователи переменного/ постоянного тока, которые позволяют соединять электрические сети переменного тока регионов внутри стран, в то время как электрические сети стран не связаны между собой. Структура региональных электросетей переменного тока регионов не моделируется, однако тенденции развития региональных сетей учитываются в общих потерях при передаче и распределении электроэнергии.

Производство возобновляемой энергии наряду с технологиями накопления электроэнергии и тепла развивается как фундаментальные основы глобальной системы энергоснабжения в первой половине 21 века, изменяя систему. Однако наблюдаются некоторые проблемы перехода.

Перераспределение субсидий на ископаемое топливо и дополнительная финансовая поддержка со стороны государств могли бы подтолкнуть к быстрому переходу на устойчивую энергетику.

В данной статье представлен сравнительный обзор основного энергетического оборудования в различных сферах, а также произведен обзор существующего положения ВИЭ комплекса в мире.

Следует отметить, что переход на возобновляемые источники энергии может быть затруднительным в связи с большим освоением различных ископаемых топлив. Так же этот процесс может быть и вовсе невозможен в связи с тем, что ВИЭ просто не сможет удовлетворить потребности в энергии на данной территории. Или же может быть экономически не выгодно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Independent Group of Scientists appointed by the Secretary-General. Global sustainable development report 2019: the future is now e Science for Achieving Sustainable Development / P. Messerli, E. Murniningtyas, P. Eloundou-Enyegue et al. United Nations: New York, 2019. 216 p. URL: [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(12\).60125-0](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(12).60125-0).

2. Low-cost renewable electricity as the key driver of the global energy transition towards sustainability / D. Bogdanov, M. Ram, A. Aghahosseini, // Energy. 2021. № 221. P. 120467.

3. Бондаренко А.Н., Тихомирова Т.И. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 45-50.

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

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. 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.

УДК 699.1.107

Ващенко Д.Д., Патрикеев Д.Ю.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ. ПОТЕНЦИАЛ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

В соответствии с официальным определением, вторичные энергоресурсы – 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 [1].

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.

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 [2].

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].

Создание крупных комбинированных производств позволяет использовать ВЭР одних процессов для нужд других, входящих в общий комбинированный комплекс.

Использование ВЭР является важнейшим направлением экономии энергии на промышленном предприятии.

Одной из важнейших проблем, стоящих в настоящее время перед отраслями черной и цветной металлургии, а также и перед другими промышленными сферами, является снижение удельных расходов исходных материалов и энергии на единицу производимой продукции, то есть проблема создания и интенсивного развития энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Металлургия России в данный момент времени является одним из наиболее крупных потребителей электроэнергии и топлива.

В 2007 году, по данным Росстата, металлургия израсходовала 85213 тыс. т условного топлива и 157786 млн. кВт•ч электроэнергии, что составляет около 14% и 28% от общего потребления промышленности России, в том числе черная металлургия 68073 тыс. т и 56377 млн. кВт•ч. В том же году потребление природного газа составило 5,4% от общего потребления его в экономике России. В (таблице 1) представлено распределение ВЭР по основным переделам черной металлургии.

Таблица 1 – Распределение ВЭР по основным переделам черной металлургии

Передел	ВЭР в % от общего количества по отрасли	Возможный % использования ВЭР
Коксохимическое производство	41,7	90
Доменное производство	37,0	85
Мартеновское производство	14,6	60
Прокатное производство	6,7	40
По отрасли	100	80

Черная металлургия потребляет коксующийся каменный уголь, газ природный, мазут топочный, газ сжиженный, дизельное топливо, дрова, брикеты [4].

По направлениям использования топлива в черной металлургии первое место занимает производство чугуна с учетом расхода топлива на доменное дутье - 44,6%, далее энергозатраты – около 21%, производство проката и труб – свыше 9%.

По расходу электроэнергии среди основных видов продукции наибольшее количество приходится на производство электростали и добычу железной руды – 13,5% и 13,4%, проката – 11,4%, электроферросплавов - 10,8%, значительное количество электроэнергии расходуется на энергозатраты и прочие нужды.

В России удельное потребление энергии на основные виды металлопродукции превышает аналогичные показатели в странах Западной Европы [5].

Так, удельное энергопотребление на 1 т продукции в компании Corus (Великобритания) составляет 18 ГДж/т, а в России на заводах с полным циклом 25...30 ГДж/т, превышение составляет 40...60%. Это объясняется в основном использованием устаревшего оборудования и технологии.

Именно в этой отрасли широко используется теплота высокого, среднего и низкого потенциалов. Из почти 90 % теплоты высокого потенциала (> 623 К): около 33 % идет на плавку, 40 % – на нагрев и около 20 % – на обжиг руд и минерального сырья. Большая часть теплоты высокого потенциала обеспечивается за счет сжигания различных видов топлива непосредственно в технологических установках.

Теплота среднего (373...622 К) и низкого (323...423 К) потенциала применяется для теплоснабжения потребителей, требующих повышенных значений температуры и давления [6].

Принципиальная схема использования ВЭР, представленная на (рисунке 1), иллюстрирует отдельные потоки и сечения, по которым определяются их количественные показатели.

Как мы видим, использование ВЭР, неизбежно возникающих во время производства продукции, является одним из существенных резервов энергосбережения. Количество вторичных энергетических ресурсов зависит от многих факторов: параметров, при которых протекает процесс, его режима, конструктивного исполнения технологического оборудования и др. В общем случае суточный (и сезонный) выход ВЭР характеризуется неравномерностью. Поэтому различают показатели удельного и общего выхода ВЭР – максимальный, средний и

минимальный (гарантированный), как в суточном, так и сезонном разрезе. В любом случае утилизации ВЭР эффективность их использования определяется достигаемой экономией первичного топлива и обеспечиваемой за счёт этого экономией затрат на добычу, транспортирование и распределения топлива (энергии). Поэтому важное условие экономической эффективности ВЭР – правильное определение вида и количества топлива, которое экономится при их утилизации.

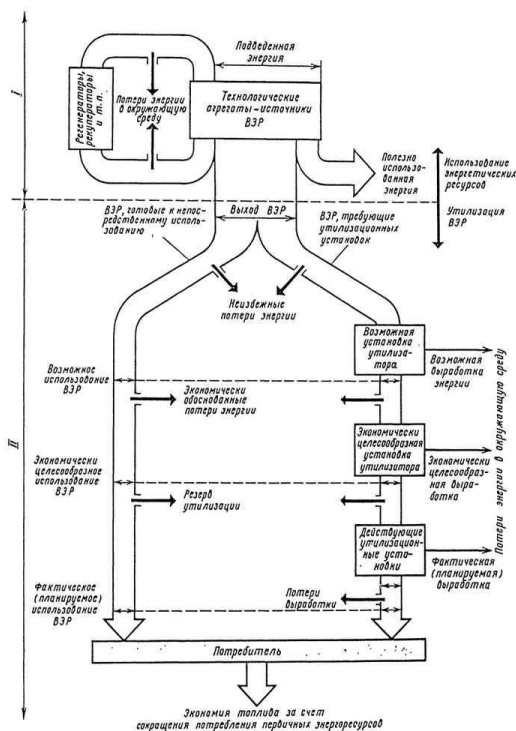


Рис. 1 Схема использования ВЭР

В целом следует заметить, что использование ВЭР во многих случаях экономически эффективно, поскольку удельные капитальные вложения в установку по утилизации тепловых ВЭР, отнесенные к 1 т сэкономленного топлива, ниже, чем цена топлива с учетом его транспортировки. Поэтому важное значение имеют планирование и стимулирование использования ВЭР.

Для полного выявления и эффективного использования ВЭР на каждом действующем предприятии, при разработке паспорта предприятия производится учет всех образующихся ВЭР, возможных направлений использования и способов их утилизации. Все включаемые в план мероприятия по повышению уровня использования ВЭР должны быть экономически обоснованы. При ограниченности капиталовложений в первую очередь следует предусматривать мероприятия, осуществление которых обеспечивает наибольший экономический эффект [7, 8].

В ходе исследования в данной статье был изучен вопрос целесообразности использования ВЭР.

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. Федяков И.В. Электроэнергетика: износ оборудования как системная проблема отрасли // Академия Энергетики. 2013. № 1. С.4-9.
2. Самойлов М.В., Паневчик В.В., Ковалев А.Н. Основы энергосбережения: Учебное пособие. Минск: БГЭУ, 2002. 198 с.
3. 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.
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. № 1. С. 128-132.
6. Теплотехника металлургического производства. Т. 2. Конструкция и работа печей: Учебное пособие для вузов / В.А. Кривандин, В.В. Белоусов, Г.С. Сборщиков и др. М.: МИСИС, 2001. 736 с.
7. Гашо Е.Г., Киселева А.И., Темеров А.В. Практика внедрения гибридных систем теплоэнергоснабжения в России // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 13-18.

8. 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 692.232.4

Ващенко Д.Д.

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

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В следствии предшествующего сырьевого кризиса, становятся все более актуальными технологии строительства домов с низким энергопотреблением.

Комплексный подход к применению энергоэффективных технологий при реконструкции и строительстве зданий и сооружений стал развиваться в 80-е годы, прежде всего, в Европейских странах и регионах Северной Америки и Канады. Этот процесс сопровождался научными исследованиями, подготовкой и апробированием опытных энергоэффективных объектов и образцов с дальнейшим их внедрением в архитектуре и строительстве [1].

В России технологии энергосбережения стали активно применяться с 1996 г. после принятия федерального закона № 28-ФЗ от 03.04.96 г. «Об энергосбережении». В соответствии с положениями этого закона постановлениями Минстроя России № 18-81 от 11.08.95 г. и № 18-8 от 19.01.98 г. были утверждены Изменения № 3 и № 4 к СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника» и введен в действие новый СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». В этих документах предусматривалось ужесточение требований к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий в два этапа – с 1996 г. и с 01.01.2000 г., а также градация зданий и сооружений по энергоэффективности.

Для повышения энергоэффективности здания как правило применяют различные варианты утепления ограждающих конструкций: 1) когда в многослойных стенах есть конструктивный слой и слой утеплителя – это так называемая теплотехнически неоднородная ограждающая конструкция; 2) когда слой утеплителя и конструктивный

слой совпадают – это теплотехнически однородная ограждающая конструкция.

На данный момент существует множество энергосберегающих материалов для стен и перекрытий, которые используются для утепления как новых, так и старых зданий [2]. Перечислим основные из них:

- минераловатные материалы;
- пенополистирольные плиты;
- стекловата;
- энергосберегающая штукатурка;
- энергосберегающая краска и др.

Правильное и комплексное применение данных материалов способствует существенному снижению энергопотребления жилых многоквартирных домов.

При проектировании новых и реконструкции существующих зданий используют один из трех способов утепления наружных стен – с наружной и внутренней стороны и внутри нее. Способ утепления зависит от материала конструкций, от облика фасада, от требований заказчика [3].

В соответствии с строительными нормативами, сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций является основным показателем теплозащиты зданий. Данный показатель можно определить расчетным методом по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Однако в некоторых случаях фактические значения монтируемых ограждающих конструкций отличаются от фактических. Значение фактического может составлять 70-80% от расчетного [4].

Данные показатели могут связаны с видом монтажа теплоизолирующего материала, а также качеством выполнения работ. Для примера возьмем кирпичную кладку со слоем утеплителя (рисунок 1). В данном случае значение фактического сопротивления теплопередаче может сильно колебаться в зависимости от вида присоединения утеплителя к стене [5].

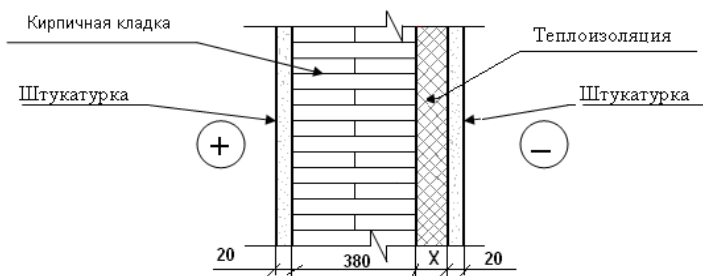


Рис. 1 Схема кирпичной кладки с внешней теплоизоляцией

Кроме того, применение теплоизолирующих материалов должно сопровождаться установкой индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) в подвалах домов [6]. Данная мера позволит избежать перетоков в многоквартирных домах и обеспечит комфортные параметры микроклимата в помещениях.

Совместный анализ как экономических, так и технических факторов показывает, что, действительно, применение ИТП объективно целесообразно. Применение ИТП имеет большое количество неоспоримых преимуществ и к тому же в полной мере соответствует требованиям, обеспечивающим выполнение действующих законодательных актов. Основные преимущества ИТП: возможность обеспечить комфортные климатические условия для обитания людей в каждом отдельно стоящем здании (что невозможно было осуществить с помощью центрального теплового пункта (ЦТП)).

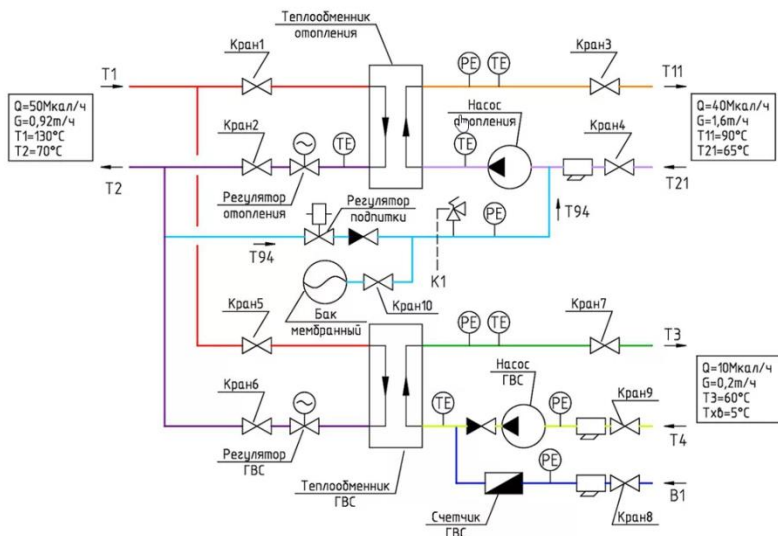


Рис. 2 Принципиальная схема ИТП

И, что важно, при этом одновременно обеспечивается режим повышенной энергоэффективности и достигается энергосбережение, не достижимое при использовании ЦТП. Кроме того, применение ИТП позволяет перенести учет как можно ближе к потребителю, что в значительной мере снимает неопределенность в установлении размеров платежей за потребленную тепловую энергию и тем самым уменьшает вероятность возникновения конфликтных ситуаций между потребителями и поставщиками тепловой энергии. Также ИТП позволяет решить наиболее оптимальным способом задачу закрытия систем горячего водоснабжения (ГВС), необходимость чего прямо прописана в законе «О теплоснабжении» – к 01.01.2022 в стране не должно остаться открытых систем ГВС. Реальная возможность выполнения в полной мере этого требования закона представляется весьма проблематичной, особенно в связи со складывающейся сейчас весьма неблагоприятной экономической ситуацией, причем не только в стране, но и в целом в мире. Однако стремиться к выполнению этого требования надо, что и демонстрируют на деле во множестве городов местные застройщики, теплоснабжающие организации, потребители.

В ходе исследования в данной статье был изучен вопрос об энергосберегающих технологиях в строительстве и были сделаны следующие выводы:

1. Ограждающие конструкции имеют отклонение значения фактического сопротивления теплопередачи от расчетного.

2. Применение ИТП это не просто мода современной энергетики, это реально существующая необходимость, которая позволяет снизить приход избыточного тепла от теплоснабжающих организаций.

Применение перечисленных методов требует определенных финансовых вложений, но в долгосрочной перспективе позволяет снизить расходы потребителей, а также экономит ресурсы, которые, в свою очередь, имеют предрасположенность к исчерпанию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голованова Л.А., Блюм Е.Д. Энергоэффективные строительные конструкции и технологии // Ученые заметки ТОГУ. 2014. Т. 5. № 4. С 71-77.

2. Паук Ю.Ю. Энергосберегающие технологии в современном строительстве // Научный альманах. 2015. № 12. с. 280-283.

3. Змачинский А.Э., Галузо О.Г. Основы энергосбережения в строительстве. Минск: БНТУ, 2007. 277 с.

4. 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.

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

6. Барон В.Г. Индивидуальные тепловые пункты: дань моде или осознанная необходимость // АВОК. 2020. № 5. С. 44-49.

УДК 504.054

Ващенко Д.Д.

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

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Проблемы теплоэнергетики на сегодняшний день стоят на одном из первых мест в мире по значимости и сложности решения. Многие

страны, стремясь свести проблемы теплоэнергетики к минимуму, предпринимают комплекс мер в области энергетических технологий, которые позволяют в некоторой степени их решить. Но существуют проблемы, которые в полной мере не удастся решить путем малых реформ, нововведений или ограничений. Они как правило требуют существенных реформ или же отказа от некоторых аспектов традиционной энергетики.

Целью данной работы является, рассмотрение наиболее значимых проблем энергетики и поиски решения данных проблем в долгосрочной перспективе.

Большой проблемой энергетического комплекса России является высокий процент износа оборудования, который по различным данным, составляет приблизительно 65% [1]. Однако, если учесть, что пик развития энергетики России приходился на 60-70 годы прошлого века, то можно сделать вывод, что износ теплоэнергетического оборудования в стране достиг критического уровня. Например, в 2015 году средний возраст основного энергооборудования российских электростанций составил в среднем 37,7 лет. В свою очередь, наиболее высоким уровнем износа обладало оборудование ТЭС. Из этого следует, что в данный момент существует необходимость в обновлении энергооборудования промышленных предприятий.

Также существует проблема того, что топливные ресурсы когда-нибудь подойдут к концу, что приведет к полной остановке производства любых видов энергии [2]. Следовательно, существует необходимость переходы на возобновляемые источники энергии. В данном случае человечество не будет зависеть от ископаемого топлива. При этом отпадает необходимость в транспорте топлива, что сокращает затраты на возведение топливных магистралей или же другого способа доставки топлива [3].

Кроме того, большой проблемой теплоэнергетики является также экология. В большинстве случаев, получение энергии производится путем сжигания органического топлива. При этом в атмосферу выбрасывается большое количество CO_2 , которое приводит к нарушению теплового баланса планеты, а также к парниковому эффекту. Так же имеют место быть различные примеси, которые могут содержаться в отходящих газах металлургической промышленности, нефтеперерабатывающей и др.

Кроме того, существует проблема загрязненных стоков, создаваемая в процессе водоподготовки, продувки и других процессов на ТЭС или ТЭЦ. Вода, в данных случаях, забирается из ближайшего источника и

чаще всего, после прохождения через все стадии производства энергии возвращается обратно.

В данный момент, наиболее актуальным методом решения приведенных проблем является использование альтернативных источников энергии. На законодательном уровне в «Законе об электроэнергетике» от 26.03.2003 №35-ФЗ под такими источниками понимаются:

- энергия солнца;
- энергия ветра;
- энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях;
- энергия приливов;
- энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов;
- геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей;
- низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей;
- биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива;
- биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках.

Целью данных направлений является применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) или же практически неисчерпаемых ресурсов для выработки энергии [4]. В случае использования ВИЭ практически полностью сокращается влияние энергетического комплекса на окружающую среду, следовательно, уменьшается шанс возникновения экологических катастроф или же различных других негативных воздействий на нее.

На 2019 год по данным REN21 доля возобновляемой энергетики в мировом производстве электроэнергии составила 26%.



Рис. 1 Доля ВИЭ в общем производстве электроэнергии в мире в 2019 году

В сравнении с 2000 годом доля ВИЭ выросла более чем в 10 раз [5]. Учитывая темпы развития данного направления, можно сделать вывод, что данное направление постепенно вытесняет традиционную энергетику и в скором времени полностью заменит ее там, где это возможно.

В данный момент Российская альтернативная энергетика сильно отстает от других стран.

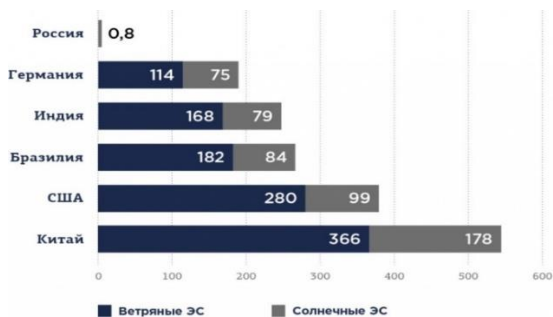


Рис. 2 Выработка электроэнергии на основе ВИЭ в 2019 г., млрд кВт·ч

Как мы видим, использование ВИЭ в России развито довольно плохо, в сравнении с другими странами. Данная ситуация в большей степени связана с большим количеством и доступностью ископаемых энергоносителей. Однако Россия обладает большим потенциалом для использования ВИЭ на своей территории. Например, в Белгородской области успешно работает и планируется к расширению массив солнечных батарей [6]. Планируются работы по внедрению биоэнергетики. В различных регионах запускаются ветряные электростанции. На Камчатке успешно используется энергия геотермальных источников.

Так же существует проблема стоимости электроэнергии получаемых при помощи ВИЭ. Например, в Башкирии (это один из немногих регионов России, где есть все типы источников возобновляемой энергии) средняя себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии, полученного из альтернативных источников, – 6,34 рубля, тогда как для традиционных ТЭЦ и ГРЭС этот показатель всего 1,49 руб./кВт·ч [7].

Таким образом, требуется осуществить снижение стоимости энергоресурса. Этого можно достичь путем значительного инвестирования в данную область. Данное решение поможет достичь новых результатов в сфере ВИЭ, что позволит снизить капиталовложения на постройку новых электростанций, а, следовательно, снизить себестоимость электроэнергии.

Вывод. В ходе исследования в данной статье были изучены наиболее важные проблемы энергетики, а также предложен способ решить сразу все представленные проблемы путем перехода на возобновляемые источники энергии.

Решение данных проблем позволит практически полностью сократить воздействие на окружающую среду, а также избавиться от зависимости от топливных ископаемых.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федяков И.В. Электроэнергетика: износ оборудования как системная проблема отрасли // Академия Энергетики. 2013. № 1. С.4-9.
2. 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.
3. 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.
4. Петкевич А.П., Тихомирова Т.И. О потенциале энергосбережения 2015-2020 г. // Энергетические системы. 2016. С. 128-132.
5. Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Эффективность солнечных водонагревательных установок в условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 416-420.

6. Бондаренко А.Н., Тихомирова Т.И. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области // Энергетические системы. 2016. С. 45-50.

7. Стоимость электроэнергии от возобновляемых источников Башкирии в 4 раза выше традиционной. [Электронный ресурс] URL: <https://www.bashinform.ru/news/1237729-stoimost-elektroenergii-ot-vozobnovlyaemykh-istochnikov-bashkirii-v-4-raza-vyshe-traditsionnoy/>.
Дата обращения: 22.12.2021 г.

УДК 62-932.2

Ващенко Д.Д.

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПУТЕМ ВЫНОСА ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ ЗА КОТЁЛ- УТИЛИЗАТОР

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].

Одно из основных направлений повышения эффективности производства и использование энергетических ресурсов в промышленности – увеличение единичной мощности агрегатов, концентрация производства и создание укрупнённых комбинированных технологических процессов [4]. Особенно это эффективно для технологических процессов с большим выходом тепловых ВЭР, то есть для предприятий химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной и металлургической промышленности.

Создание крупных комбинированных производств позволяет использовать ВЭР одних процессов для нужд других, входящих в общий комбинированный комплекс [5].

Целью данной работы является, предложение методов по повышению эффективности использования ВЭР прокатного производства.

Прокат металла вместе с его термообработкой является конечной стадией металлургического производства, выдающей готовую продукцию. Прокат, то есть придание металлу необходимого профиля, производится путем деформации металла давящими на него вращающимися валками. Валки вместе с транспортерами металла и печами образуют комплекс прокатного стана.

Как видно из (таблицы 1), почти половина уходящего тепла – эта теплота уходящих газов. Для уменьшения потерь теплоты используют котлы-утилизаторы.

Котлы-утилизаторы за печами являются крупными источниками производственного пара, также как и система испарительного охлаждения (СИО) этих печей.

Как правило, на металлургических заводах утилизация тепла происходит непосредственно в котлах-утилизаторах, при этом воздух, подаваемый на горение, подогревается перед этим самым котлом (рисунок 1). Данная схема не позволяет получить пар высоких параметров. Это связано с тем, что воздух подогревается до высокой температуры (около 300 °С), что сильно снижает температуру дымовых газов на входе в котел.

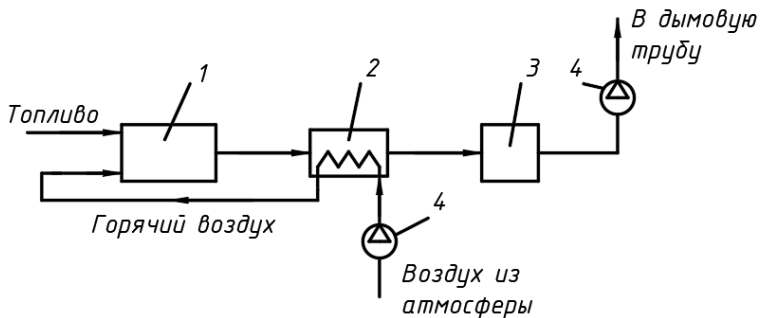


Рис. 1 Схема установки котла-утилизатора за прокатным станом:
 1 – прокатная печь с СИО; 2 – Воздухоподогреватель; 3 – котел-утилизатор; 4 – дымососы и вентиляторы.

Таблица 1 – Ориентировочный тепловой баланс методической печи (на 1 кг нагретого металла)

Приход	%	Расход	%
Химическая энергия топлива	84,1	Физическая теплота нагретого металла ($t = 1230\text{ }^{\circ}\text{C}$)	29,8
Физическая теплота воздуха для горения ($t = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$)	11,9	Физическая теплота продуктов горения топлива ($t = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$)	46,4
Химическая энергия окисления железа	3,0	Потери теплоты с охлаждающей водой	20,2
Физическая теплота воздуха для окисления железа ($t = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$)	0,4	Потери теплоты теплопроводностью и излучением через окна	1,3
Физическая теплота металла ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)	0,4	Потери теплоты теплопроводностью через кладку	0,9
Физическая теплота топлива ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)	0,2	Физическая теплота окалины на металле ($t = 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$)	0,7
		Физическая теплота азота воздуха от окисления металла ($t = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$)	0,7
Итого	100,0	Итого	100,0

Предлагается изменить схему установки воздухоподогревателя и установить его за котлом-утилизатором, а не перед ним, что существенно повысит температуру дымовых газов.

Расчет производим по методике, приведенной в [6 с.173-177] для пара с параметрами: $p_1 = 9$ МПа, $t_1 = 540$ °С; $p_2 = 4,5$ МПа, $t_2 = 400$ °С; $p_3 = 1,8$ МПа, $t_3 = 360$ °С. Данный расчет производится с целью определения достижения заданных параметров пара и его паропроизводительности. В случае установки воздухоподогревателя перед КУ принимаем температуру газов, входящих в котел 600 °С, а при установке после КУ – 800 °С.

1. По известной температуре дымовых газов перед котлом определяется количество теплоты, содержащихся в дымовых газах:

$$q_{д.г}^0 = 1000c_{д.г}^0 t_{д.г}^0, \quad (1)$$

где $c_{д.г}^0$ – теплоемкость дымовых газов при температуре $t_{д.г}^0$

2. По температуре окружающей среды определяется количество теплоты, содержащихся в дымовых газах (температура окружающей среды принята и равна 20 °С):

$$q_{д.г}^{о.с} = 1000c_{д.г}^{о.с} t_{о.с}^0. \quad (2)$$

3. Определяется располагаемое количество теплоты, которое может быть выделено при охлаждении дымовых газов от $t_{д.г}^0$ до $t_{о.с}^0$:

$$q_{д.г}^{макс} = q_{д.г}^0 - q_{д.г}^{о.с}. \quad (3)$$

4. Задаются значения параметров пара, для которых требуется определить паропроизводительность котла:

5. Задается температура конденсата на входе в котел $t_k = 104$ °С и определяется его энтальпия $h_k = 420 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

6. Определяют расход теплоты на генерацию и перегрев 1 кг пара:

$$q'_{пар} = h_1 - (h'_{s1}). \quad (4)$$

7. Задаются минимальные разности температур между дымовыми газами и нагреваемой средой:

- Газ – газ $\Delta t_{мин} = 70$ °С;
- Газ – пар $\Delta t_{мин} = 70$ °С;
- Газ – вода $\Delta t_{мин} = 70$ °С.

8. Определяется относительное количество теплоты, отдаваемое дымовыми газами нагреваемой среде при охлаждении от начальной температуры до критической:

$$q_{\text{кр.отн}} = \frac{t_{\text{д.г.}}^0 - t_{\text{д.г.}}}{t_{\text{д.г.}}^0 - t_{\text{о.с.}}} \quad (5)$$

9. Определяется расход пара, заданных параметров, генерируемого в котле на $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ дымовых газов:

$$g'_{\text{п}} = \frac{q_{\text{кр}}}{q_{\text{пар}}} \quad (6)$$

10. Определяется расход теплоты на нагрев исходного конденсата до температуры насыщения:

$$q'_{\text{п.в}} = g'_{\text{п}}(h'_{\text{s1}} - h_{\text{к}}) \quad (7)$$

11. Определяется значение температуры уходящих газов за котлом:

$$t_{\text{д.г.}}^{\text{кон}} = t_{\text{к}} + \Delta t_{\text{мин}}(\text{газ-вода}) \quad (8)$$

12. Определяется количество теплоты, выделяемое при охлаждении дымовых газов от критической температуры до конечной:

$$q_{\text{кон}} = (q_{\text{д.г.}}^{\text{макс}} - q_{\text{кр}}) \cdot q_{\text{кон.отн}} \quad (9)$$

Приведем параметры пара необходимые для расчетов [7]:

$$\begin{aligned} p_1 &= 9 \text{ МПа}, \quad t_1 = 540 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_1^s = 303,35 \text{ }^\circ\text{C}, \quad h'_{s1} = 1363,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \\ h_1 &= 3487,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \quad h'_1 = 2742,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \quad r_1 = 1379,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; \\ p_2 &= 4,5 \text{ МПа}, \quad t_2 = 400 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_2^s = 257,4 \text{ }^\circ\text{C}, \quad h'_{s2} = 1122,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \\ h_2 &= 3205,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \quad h'_2 = 2798 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \quad r_2 = 1675,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; \\ p_3 &= 1,8 \text{ МПа}, \quad t_3 = 360 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_3^s = 206,7 \text{ }^\circ\text{C}, \quad h'_{s3} = 884,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \end{aligned}$$

$$h_3 = 3163,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, h'_3 = 2796 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, r_3 = 1911,4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Результаты расчетов сведены в табл. 2, м3.

Таблица 2 – Расчет паропроизводительности котла-утилизатора при температуре дымовых газов 600 °С

Значения	Параметры пара		
	$p_1 = 9 \text{ МПа},$ $t_1 = 540 \text{ °С}$	$p_2 = 4,5 \text{ МПа},$ $t_2 = 400 \text{ °С}$	$p_3 = 1,8 \text{ МПа},$ $t_3 = 360 \text{ °С}$
$q'_{\text{пар}}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	–	2083,5	2319,3
$t_{\text{кр}}, \text{°С}$	–	400	380
$q_{\text{кр.}}, \text{кДж/ч}$	–	374953,8	431550,6
$g'_{\text{п}}, \text{кг/ч}$	–	179,96	186,1
$q'_{\text{п.в.}}, \text{кДж/ч}$	–	126349,9	86462,1
$t_{\text{д.г}}^{\text{кон}}, \text{°С}$	–	174	174
$q_{\text{кон}}, \text{кДж/ч}$	–	204491,3	157268,4

Таблица 3 – Расчет паропроизводительности котла-утилизатора при температуре дымовых газов 800 °С

Значения	Параметры пара		
	$p_1 = 9 \text{ МПа},$ $t_1 = 540 \text{ °С}$	$p_2 = 4,5 \text{ МПа},$ $t_2 = 400 \text{ °С}$	$p_3 = 1,8 \text{ МПа},$ $t_3 = 360 \text{ °С}$
$q'_{\text{пар}}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	2123,5	2083,5	2319,3
$t_{\text{кр}}, \text{°С}$	420	400	380
$q_{\text{кр.}}, \text{кДж/ч}$	485227,4	508003,4	532759,88
$g'_{\text{п}}, \text{кг/ч}$	228,5	243,8	259,81
$q'_{\text{п.в.}}, \text{кДж/ч}$	215635,5	171171,9	106723,3
$t_{\text{д.г}}^{\text{кон}}, \text{°С}$	174	174	174
$q_{\text{кон}}, \text{кДж/ч}$	310595	312020	261690,1

Как мы видим, при более высокой температуре дымовых газов существенно повышается паропроизводительность агрегата, а также появляется возможность производить пар с более высокими параметрами.

В ходе исследования в данной статье была изучена эффективность утилизационных установок прокатного производства, а также предложена возможность улучшения данных установок.

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. Губарева В.В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов // Энергетические системы. 2017. С. 486-489.
5. 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.
6. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 304 с.
7. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. М.: Изд-во МЭИ, 2003. 168 с.

УДК 621.311

Виганд И.А.

*Научный руководитель: Куликова Л.В., д-р техн. наук, проф.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия*

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Проблема экономии электроэнергии всегда является одной из главных проблем энергетики. В настоящее время проведено множество решений по снижению потерь, но искоренить данную проблему

невозможно. Поэтому проблема потерь электрической энергии всегда является актуальной.

Электрическая энергия со временем дорожает, в то время как продолжается рост прогресса в обществе и потребление электроэнергии непрерывно растет. Поэтому вопрос минимизации потерь с каждым годом становится все острее.

Под потерями электроэнергии подразумевают разницу между поставляемой от источника электроэнергии с получаемой в конечном итоге электроэнергии потребителем [1].

Классификация потерь в сетях:

1) Факторы, связанные напрямую с физическими процессами, с природой создания (появления) электрических потерь;

2) Затраты на основное и вспомогательное оборудование и его эксплуатацию, а также на обеспечение условий необходимых для работы персонала;

3) Недоучет электрической энергии, погрешности приборов учета и др.

Потери в трансформаторах — одни из самых распространенных проблем в работе сетей электроснабжения. Потери в трансформаторах — потери в стали от перемагничивания, которые возникают при работе трансформатора, и связанные с физическими процессами.

В данный момент уже разработали и разрабатывают множество операций по снижению потерь в трансформаторах, путем снижения величины магнитного потока, применения электротехнической стали с пониженными потерями на гистерезис и прочее [2], но больших результатов по снижению данных потерь достигнуто не было, так как потери связаны с физическими процессами, и полностью избавиться от них не получится.

Как было сказано выше существуют множество решений проблем, связанных с потерями в системах электроснабжения, но в рамках данной статьи мы подробнее ознакомимся с проблемами, связанных с технологическим фактором, а конкретнее с потерями в трансформаторах.

Суть способа снижения потерь, в рамках данной статьи, в трансформаторах заключается в том, что мы не будем совершать попытки снижения потерь для трансформатора, так как этим вопросом занимались множество раз, как указано выше, а в решение данной проблемы путем «обхода» потерь электрической энергии в трансформаторах и задействовании меньшего количества трансформаторов, что по итогу и должно уменьшить потери в системе электроснабжения.

На предприятиях, запитанных от нескольких трансформаторах, устанавливаем порог минимума — это значение при котором предприятие использует такое количество электрической энергии, которое позволит переключить ее на один трансформатор, без вреда для себя. Например предприятие, работающее в третью смену, на выходных (в ночное время суток) потребляет минимум электрической энергии, необходимой для работы противопожарных защит, аварийного и охранного освещения и тд. Этот минимум возможно запитать от одного трансформатора, что позволяет нам отключить оставшиеся трансформаторы и существенно сократить потери в трансформаторах.

Суть данного способа уменьшения потерь в трансформаторах заключается не в уменьшении значения потерь для отдельного трансформатора, а по возможности отключения, для перераспределения его нагрузки, при минимальном потреблении электроэнергии, на другие трансформаторы. Что позволяет отключать трансформаторы в системах электроснабжения, без вреда для системы и потребителя. Что в свою очередь позволяет существенно сократить потери в сетях электроснабжения.

Оптимальным решением, на мой взгляд, по снижению потерь в трансформаторах - это замена выключателей, отключающих (включающих) трансформаторы, на автоматические приборы отключения и обратного включения при уменьшении, на отключение, и увеличении, на включение, мощности порога равной мощности в период минимума потребления электроэнергии. Данная схема позволит уменьшить потери холостого хода на предприятие, без риска для аварийных ситуаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.Э. Воротницкий, М.А. Калинкина. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Учебно-методическое пособие. – М.: ИПК госслужбы, 2000.

2. Цицорин, А. Н. О физических процессах изменения магнитных свойств электротехнической стали и росте потерь холостого хода силовых трансформаторов в процессе их эксплуатации / // Электротехника. – 2011. – № 3. – С. 52–57.

Виноходова Е. А., Ньямитамбу М.

Научный руководитель: Саввин Н.Ю., ст.преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СМОГ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЧЕЛОВЕКА

В нашем современном мире 56,2 % населения живет в городах, которые оснащены большим количеством электромагнитных приборов, электротранспорта и радиолокационных станций. Такое огромное воздействие электромагнитных полей вызывает проблему опасения общественности и получила название «Электромагнитный смог». Исходя из определения, это совокупность электромагнитных полей, разнообразных частот, которые негативно влияют на организм человека. Электромагнитное поле излучает все, что нас окружает и включается в розетку или работает через батарейки и накопители. С каждым годом, электромагнитный смог растёт и ещё больше приносит плохого для здоровья всем людям. Многие исследования показывают, что электромагнитный смог может быть опаснее большинства радиаций. Он глубоко влияет на живые организмы. Электромагнитный смог промышленной частоты с уровнем 0,3 – 0,4 мкТл сильно производит выработку гормона-мелатонина. А когда он в недостатке происходит процесс образования раковых клеток [1].

Многие с рождения, не осознанно живут с меняющимся электромагнитным полем, и электромагнитный смог, взаимодействуя с организмом чаще всего подавляет его и вызывает у людей понижение иммунитета, раннему старению и многим другим болезням. В некоторых странах врачами официально установлено заболевание – электромагнитная аллергия, проявляющаяся в физических или психологических симптомах, вызванных электромагнитными полями искусственного или естественного происхождения [2].

В наших домах установлено большое количество проводов, техники и оборудования для упрощения нашей жизни и создания комфортных условий, но напряженность магнитного поля уже 0,2 мкТл на расстоянии до 1м электропроводки. Большое воздействия дают наши электрические приборы дома. Они могут оказывать влияние большее, чем долгое прибывание с линией электропередач. Ниже приведена шкала электромагнитного воздействия бытовых приборов на человека [7].

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ БЫТОВЫХ ПРИБОРОВ

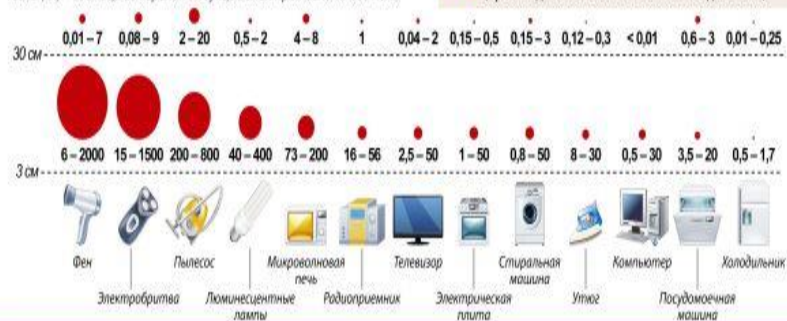
Диапазон характеристик электромагнитного поля

ИНДУКЦИЯ (мкТл) на разных расстояниях от прибора

Тесла (Тл) – единица измерения индукции электромагнитного поля



Согласно нормам, предельно допустимый уровень электромагнитного излучения составляет **100 мкТл** (при ежедневном восьмичасовом воздействии)



До сих пор нет однозначных доказательств того, что слабое электромагнитное излучение (от бытовой техники) влияет на организм человека

По данным ВОЗ (со ссылкой на Федеральную службу радиационной безопасности Германии)

Рис. 1 Шкала электромагнитного воздействия бытовых приборов.

Наличие электропроводки является дополнительным электромагнитным фоном в здании. Основными причинами повышенного уровня фона являются:

- неоптимальная разводка цепей питания в помещении;
- прокладка проводов без экранов - электрических и магнитных;
- ненадежное заземление приборов;
- переносные фильтры и удлинители [3].

На данное время вопрос строительства здорового жилища, защищающего людей от этих воздействия становится все больше и больше с каждым годом. Вопросами воздействия электромагнитного смога на живые организмы в доме занимается Строительная биология. Теоретически, в электрические и магнитные поля нельзя убрать полностью, но для этого, например, в жилище используется электропроводка, обернутая алюминиевой лентой с отдельным заземлением. Необходимо предусмотреть заземление всех розеток в стенах пустотелой конструкции, всех трубопроводов с водой и подводку газа. Для системы освещения выбрать лампы и штекеры с защитой от электромагнитных полей [4].

Можно ещё предложить использования несколько материалов для создания защиты от электрических полей, электрического смога: – Глиняная штукатурка Meno; – Защитные обои на волокнистой основе Saphir Special; – Защитная краска HSF 50; – Гипсокартонные плиты с заземлением La Vita; – Солнцезащитные устройства (жалюзи роллеты)

Теба; – Ткани с металлическими волокнами (балдахин); – Москитная сетка HF на окна; – Пленка Rayflex, укладываемая под паркет; – Рулонное кровельное полотно Bauder Protekt, укладываемое на обшивку крыши; – Электропроводка с защитной алюминиевой лентой; – Заземление розеток и всех металлических частей; – Пластиковая сетка с металлическим напылением [5].

Такое специальное оборудование, строительные и отделочные материалы, могут являться дорогостоящими, но учитывая, что самое ценное у человека – это жизнь и мы должны её беречь, они окупаются всегда! Человек обязан больше уделять внимание такой проблеме, как элнетромагнитный смог. В современном мире должны быть современные решения [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сагина Ж.В., Харисова М.Г. Электромагнитный смог // Школа №42, г. Ленинск-Кузнецкий/ С. 87-88.

2. Мокеев А.А. Электромагнитный смог города // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 104.

3. Зеляковский Д.В., Сторожаков С.Ю., Чернявский А.Н. // Защита зданий и сооружений от электрического смога. Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград. С. 15.

4. Ремняков А.Ю., Локтионова И.В. // Электромагнитный смог В сборнике: Актуальные проблемы развития транспорта. материалы III Международной студенческой научно-практической конференции. Федеральное агентство железнодорожного транспорта; Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II, Нижегородский филиал. 2016. С. 69-71.

5. Соловьев Л.П. // Строительные технологии и формирование электромагнитного смога в жилых помещениях. Современные наукоемкие технологии. 2018. № 12. С. 362-365.

6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СМОГ Сагина Ж.В., Харисова М.Г. Вестник научных конференций. 2017. № 7-2 (23). С. 87-89

7. Зубкова, М. н. Использование солнечной энергии как альтернативного источника энергии в Белгородской области/ М. Н. Зубкова, А. А. Мигулина, Н. Ю. Саввин // Международная научная конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова –Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова ,2021 –С. 699-703, -EDN DPNXDB.

Воронин К.П., Поляков С.А., Тельнов А.А.

Научный руководитель: Иванов Б.Г., канд. техн. наук, доц.

*Военно-морской политехнический институт Военный учебно-научный центр
Военно-Морского Флота «Военно-морская академия им. Адмирала Флота
Советского Союза Н.Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия*

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности следует рассматривать как один из основных источников будущего экономического роста [1].

Энергоэффективность судна должна полностью удовлетворять новым требованиям Российского морского регистра судоходства РС вступившим в силу с 01.01.2013 года [2].

Один из основных путей повышения эффективности работы судов (кораблей) заключается в эксплуатации их единых электроэнергетических систем (ЕЭЭС) на оптимальных режимах работы. Цель оптимизации состоит в достижении экстремального (минимального или максимального) значения одной или нескольких величин - критериев оптимальности. Совпадение экстремумов у нескольких критериев по одному и тому же параметру управления – явление крайне редкое. Поэтому обычно оптимизация производится по одному критерию оптимальности при фиксированных значениях других критериев [3].

Для транспортных судов, экономическая эффективность определяется затратами на перевозку единицы груза на единицу дистанции. Анализ структуры затрат за жизненный цикл транспортного судна показывает, что основную долю (почти половину) составляют затраты на топливо, затем следует строительная стоимость судна, стоимость его проектирования, содержание экипажа. Исходя из этого, определяются приоритеты в основных направлениях создания научно-технического задела в части повышения эффективности их использования.

Необходимость сокращения затрат на топливо актуальна для судов любого типа. Снижение расхода топлива даже на 10% позволит сэкономить до 1 млн. долларов на судно. Для флота из 10 судов экономия составит 10 млн. долларов в год, т.е. позволит обеспечить 1 судно топливом только за счет экономии.

Развитие информационных технологий и микропроцессорных систем управления позволяют в настоящее время организовать интеллектуальное (оптимальное, «умное») управление судном (кораблем), его системами и оборудованием по различным критериям, включая критерий эффективности. Основой такого управления будут являться математические модели объектов управления.

Математическая модель движения судна как управляемой динамической системы в общем случае может быть представлена выражением [4]:

$$S(t) = F(t, C, S(0), U(t), L(t), E(t)), \quad (1)$$

где F – оператор, характеризующий данную конкретную математическую модель; C – вектор постоянных параметров системы, которые характеризуют данное конкретное моделируемое судно; $U(t)$ – управляющие воздействия на систему в разные моменты времени; $L(t)$ – функция нагрузки на систему, в данном случае распределение всех грузов на судне; $E(t)$ – функция внешних возмущающих воздействий на систему (глубины во всех точках акватории, скорости и направления ветра и течения, амплитудный и фазовый спектр волнения, а также спектр направлений распространения волн по всем частотам для всех точек акватории во все моменты времени); $S(t)$ – совокупность переменных параметров, описывающих состояние системы в момент времени t .

Если рассматривать плоскопараллельное движение судна, можно ограничиться тремя параметрами – координатами x_0 и y_0 и курсовым углом q :

$$S(t) = f(x_0(t), y_0(t), q(t)). \quad (2)$$

Управляющие воздействия можно описать функцией:

$$U(t) = f(\delta(t), n(t), H/D(t), \text{Notn}(t)), \quad (3)$$

где $\delta(t)$ - угол перекладки руля (поворота движительно-рулевой колонки);

$n(t)$ - частота вращения винта; $H/D(t)$ - шаговое отношение гребного винта;

$\text{Notn}(t)$ - положение регулятора мощности гребных двигателей.

В работах [5, 6] показано, что структуры ЕЭЭС строятся на основе конечного набора типовых базовых электротехнических модулей (рисунок 1):

- генераторного модуля (ГМ) или модуля источника электроэнергии;
- распределительного модуля (МР);
- преобразовательного модуля (МП);
- двигательного модуля (МД);
- модулей управления (МУ);

И движительно-рулевого модуля (МДР), также отмечено, что в современных условиях особая роль должна отводиться модулям управления, так как для достижения максимальной эффективности судна необходимо обеспечить комплексное управление базовыми модулями по различным критериям.

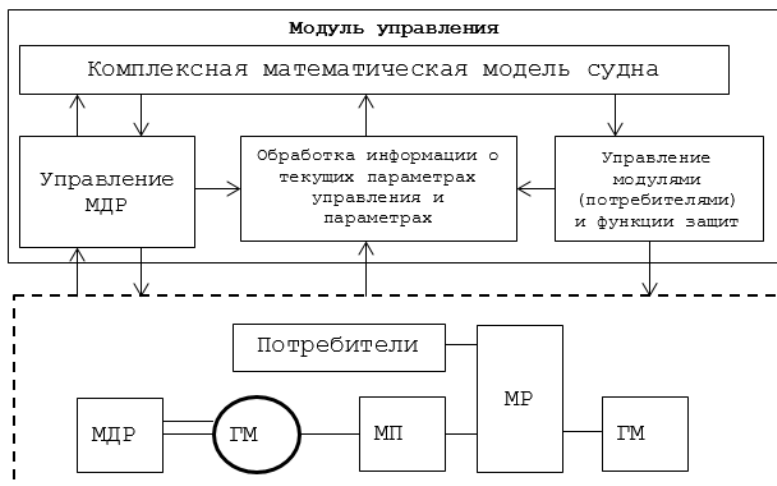


Рис. 1 Связь элементов ЕЭЭС с системой управления

Модуль управления, обеспечивает координирующее оптимальное комплексное управление электроэнергетическими системами судов с электродвижением по заданным критериям, включая энергосберегающее управление. Основой расчетного блока модуля управления может являться комплексная математическая модель судна и его единой электроэнергетической системы, одной из задач модели будет прогнозирование параметров движения судна и параметров элементов (модулей) электроэнергетической системы.

На (рисунке 2) представлена структурная схема ЕЭЭС судна с модулем интеллектуального управления.

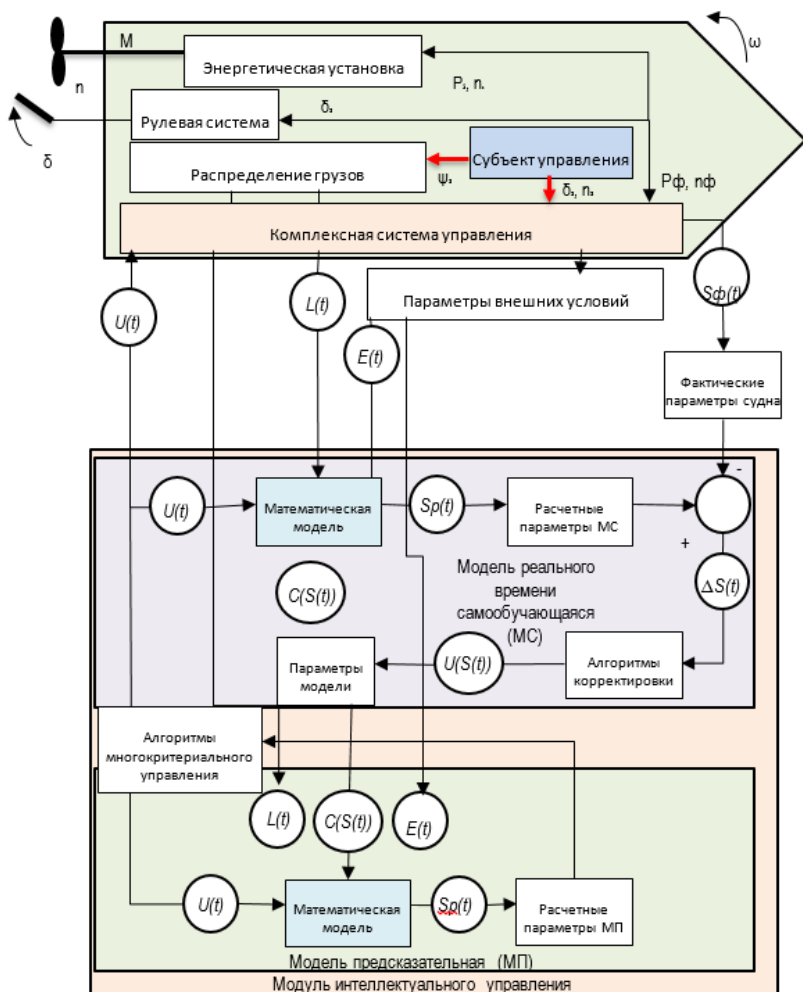


Рис. 2 Структурная схема ЕЭЭС судна с модулем интеллектуального управления

Основными параметрами хода судна являются угловая скорость (ω) и линейная (v) скорости судна.

От субъекта управления к комплексной системе управления судном и системе распределения грузов передаются заданные значения:

- дифферента судна (ψ);
- угла поворота руля (колонки) (δ);
- скорости вращения винта (n).

Комплексная система управления может осуществлять управление следующими основными системами судна:

- энергетической установкой, в которую передаются сигналы заданных параметров мощности энергетической установки (P) и частоты вращения гребного двигателя (n);
- рулевой системой, которой передается заданный угол поворота руля (δ).

В свою очередь от данных систем в комплексную систему управления поступают фактические значения вышеуказанных параметров (P_f , n_f , δ_f).

От комплексной системы управления в модуль интеллектуального управления поступают следующие сигналы:

- фактические параметры судна ($S_f(t)$);
- параметры внешних условий ($E(t)$);
- параметры управляющего вектора ($U(t)$);
- параметры нагрузки судна ($L(t)$).

Структура модуля интеллектуального управления состоит из двух моделей:

- модели реального времени, самообучающейся;
- модели для расчета прогнозируемого состояния судна (предсказательная модель) и систем при выполнении управляющих воздействий оператором, срабатывании автоматики, изменении условий плавания и в других случаях.

Технический результат, заключается в том, что в результате использования такого способа управления в работе будут находиться только генераторные агрегаты, количество которых достаточно для обеспечения режима работы электроэнергетической системы, при этом система будет функционировать в режиме минимального расхода топлива. Кроме того, будет повышено быстродействие управления и маневренность судна в целом за счет упреждающего управления генерируемой мощностью, а также будут минимизированы резкие изменения режимов работы электроэнергетической системы, что приведет к повышению качества электроэнергии.

Стратегия управления судном с использованием предсказательной модели может быть представлена следующей последовательностью (рисунок 3):

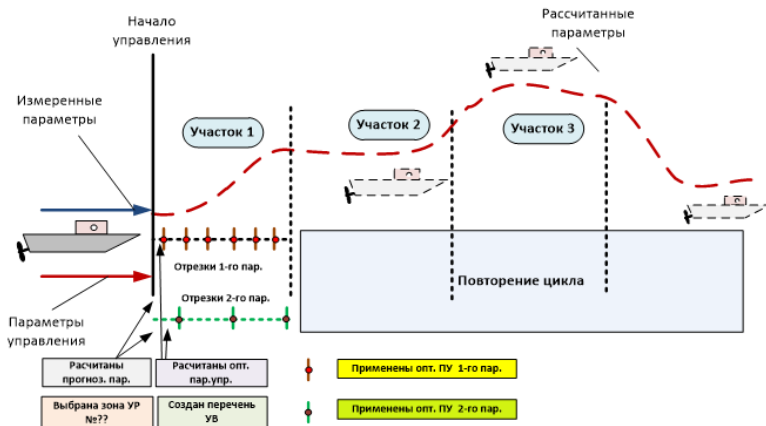


Рис. 3 Стратегия управления судном с использованием предсказательной модели: УР – управляющее решение; ПУ – параметры управления; УВ – управляющее воздействие; прогноз. пар. – прогнозируемые параметры; опт. пар. упр. – оптимальные параметры управления

Выбор режима управления

1. Ручной.
2. Интеллектуальный по критериям:

- 1) заданная скорость;
- 2) заданное расстояние;
- 3) заданное время;
- 4) заданная траектория;
- 5) заданная производительность.

3. Автоматический с информационной поддержкой.

Обучение модели

1. Расчет параметров движения судна на модели.

2. Измерение параметров движения судна.

3. Адаптация параметров модели к параметрам судна и внешним условиям.

Управляющее воздействие или изменение внешних условий

1. Сравнение прогнозируемой и фактической мощностей.

2. Выбор одной из шести зон принятия решений по управлению судном.

3. Исключение невозможных или логически нецелесообразных управляющих воздействий.

4. Разбивание горизонта управления на участки по времени принятия решений на управляющие воздействия с учетом динамики исполнения сигналов управления.

5. Разбиваем каждый участок на короткие отрезки так, чтобы время реализации управляющего воздействия было как минимум на порядок больше длительности отрезка.

6. Находим оптимальные параметры управления для каждого отрезка путем решения простых задач оптимизации в соответствии с определенной последовательностью управления.

7. Применяем найденные параметры управления на границе каждого отрезка каждого параметра.

8. Выполняем предсказательное моделирование.

9. Повторяем действия в соответствии с п. 1-8 для каждого отрезка.

10. Конечная точка горизонта прогнозирования

11. Предсказательное моделирование.

12. Оценка эффективности управления на основе предсказательного моделирования по интегральным критериям.

13. Применяем пункты 1-8 к обновленному участку 2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. N 2446-р г. Москва.

2. Рекламный проспект Российского морского регистра судоходства, 2013.

3. К вопросу повышения надежности энергетических установок кораблей дальней морской зоны / В. С. Котов, А. Ю. Харин, А. Г. Новиков, Р. К. Резникова // Материалы конференции "Управление в морских системах" (УМС-2018), Санкт-Петербург, 02–04 октября 2018 года. – Санкт-Петербург: "Концерн "Центральный научно-исследовательский институт "Электроприбор", 2018. – С. 53-58.

4. Юдин Ю.И., Сотников И.И. Математические модели плоскопараллельного движения судна. Классификация и критический анализ. Вестник МГТУ, том9, №2, 2006.

5. Калинин И. М. Автореферат диссертации «Развитие теории и методов расчета режимов судовых единых электроэнергетических систем». СПбГМТУ, 2014.

6. Лазаревский Н.А., Хомяк В.А., Калинин И.М., Балабанов Б.А. Корабельные электротехнические комплексы на основе

УДК 620.9

Вяткина А.А.

*Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В современном мире интерес к водородной энергетике возрастает с каждым годом. Способы внедрения и использование новых источников энергии активно изучаются энергетической промышленностью, так как исчерпаемые источники энергии с каждым годом истощаются, и найти достойную замену для энергетической отрасли крайне необходимо. Так же одной из основополагающих причин изменения топлива для энергетической промышленности, является экологическая проблема, являющаяся острой во всем мире. Выбросы от тепловых и электрических станций наносят урон атмосфере, и являются одной из главных экологических проблем человечества. Поэтому переход на безопасное и экологически чистое топливо ведущая перспектива развития энергетики. Единственной технологией, оправдывающей переход к водородной энергетике с энергетической и экономической точки зрения, являются топливные элементы [1]. Топливные элементы или, по-другому, электрохимические генераторы – это технология без применения машин, которая напрямую преобразует химическую энергию топлива в электрическую энергию, то есть в одну стадию (рисунок 1).

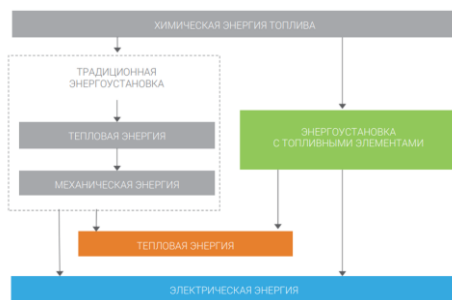


Рис. 1 Схема преобразования химической энергии топлива в электроэнергию в традиционных энергоустановках и в топливных элементах

Энергоустановки с топливными элементами имеют большой потенциал развития [2]. У современных топливных элементов, которые производятся серийно, эффективность достигла 75 %, на практике эффективность показала 80 %. Это позволяет уже на текущих уровнях развития технологии создавать энергоустановки с топливными элементами с электрическим КПД 60–65 % [3, 4].

Однако на данный момент топливные элементы остаются дорогими, что обусловлено небольшими выпускаемыми объемами. Их массовое производство приведет к понижению их стоимости. Между тем, в отличие от мощных традиционных энергоблоков топливные элементы хорошо приспособлены к крупносерийному производству [5].

Топливные элементы (ТЭ) классифицируются по типу электролита и рабочим температурам (таблица 1).

Таблица 1 – Типы топливных элементов

Типы ТЭ	ПОМТЭ	ЩТЭ	ФКТЭ	РКТЭ	ТОТЭ и ПКТЭ
Температура, °С	низкотемпературные 60–100	50–250	среднетемпературные 160–200	высокотемпературные 600–700	550–850
Электролит	Полимер	КОН	H_3PO_4	$LiCO_3/K_2CO_3$	$Y_2O_3-ZrO_2$
Анод	Pt/C	Pt/C	Pt/C	Сплав Ni	Ni/YSZ
Катод	Pt/C	Pt/C	Pt/C	NiO	LSM
Основное топливо	Водород	Водород	Синтез-газ	Синтез-газ	Синтез-газ
Окислитель	O_2 /воздух	O_2 /воздух без CO_2	O_2 /воздух	CO_2/O_2 /воздух	O_2 /воздух
КПД элемента, %	≈60	≈60	≈42	≈50	≈75
Диапазон мощности энергоустановки, кВт	0,001–500	0,001–100	50–11 000	200–5 000	0,01–250
Область применения	Транспортные, переносные, стационарные	Космос, транспортные, портативные	Стационарные, распределенная генерация	Стационарные средней и большой мощности	Стационарные, транспортные, переносные

К низкотемпературным топливным элементам относятся ТЭ: с полимерной протонобменной мембраной (ПОМТЭ); прямые метанольные ТЭ (ПМТЭ); щелочные ТЭ (ЩТЭ). К среднетемпературным: фосфорно-кислотные ТЭ (ФКТЭ). К высокотемпературным: расплавкарбонатные ТЭ (РКТЭ); твердооксидные ТЭ (ТОТЭ) с керамической мембранной; перспективная разновидность последних – протонкерамические ТЭ (ПКТЭ). Технологическая схема энергоустановки с топливными элементами очень простая (рисунок 2).

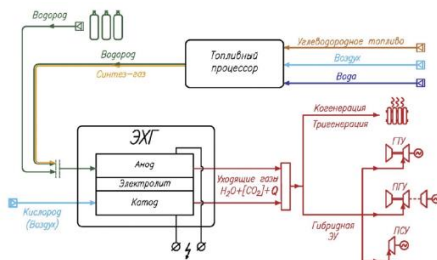


Рис. 2 Принципиальная технологическая схема энергоустановки с топливными элементами

В пространство анода батареи топливных элементов подается топливо, в катод воздух. Идеальным топливом для ТЭ является чистый водород. Однако высокотемпературные ТЭ (ТОТЭ) успешно работают и на синтез-газе (смеси H_2 и CO), которое можно получить из любого органического топлива. Продуктом реакции является вода, а при использовании синтез-газа, углекислый газ. Чтобы использовать в ТЭ природный газ или другие жидкие и газообразные углеводородные топлива, в технологическую схему энергоустановки включается топливный процессор. Это один или несколько каталитических реакторов, в которых первичное углеводородное топливо преобразуется в водород или синтез-газ [6, 7].

У таких топливных элементов есть следующие преимущества: эффективная работа при меньших температурах, чем ТОТЭ; допускается прямая подача углеводородных топлив в топливный элемент; облегчается организация отвода тепла из зоны реакции потоком окислителя – воздуха, так как сама реакция и сопутствующее ей тепловыделение происходят на катоде. Все это позволяет отказаться от топливного процессора, кардинально упрощает и понижает цену конструкции установки и ее системы управления, снижает требования к конструкционным материалам, повышает эффективность и надежность работы всей энергоустановки [1].

Яркая особенность энергоустановок с топливными элементами их модульность – набор мощности реализуется с помощью большого числа однотипных элементов (рисунок 2). Элементарной ячейкой являются единичные топливные элементы небольшой мощности, которые собираются в батареи. Последние объединяют в модули, из которых состоит энергоустановка и затем, при необходимости, электростанция любой мощности. Данная особенность имеет ряд достоинств энергоустановок с топливными элементами: массовое производство и использование однотипных изделий гарантирует высокую надежность,

снижает стоимости и уровень ремонтпригодности энергоустановок; модульная конструкция снижает стоимость и сроки разработки энергоустановок с помощью унификации модулей и технических решений, при отработке конструкции и технологии на экономически выгодных изделиях небольшой мощности; мощности регулируются в широком диапазоне, недоступном для традиционных энергоустановок, так же, как и высокий КПД во всем диапазоне регулирования; обеспечение требуемой установленной мощности электростанции за счет параллельной работы установок оптимальных размеров, выпускаемых в больших количествах [2].

На сегодняшний день топливные элементы являются самой экологичной и эффективной технологией, которая применяется для преобразования химической энергии топлива в электрическую [4]. Данная технология по всем показателям является самой выгодной и наиболее подходящей для внедрения в широкое применение. Многие страны уже сейчас вышли на массовое производство данной технологии и активно внедряют топливные элементы в энергетическую отрасль. Масштабное применение ТЭ значительно изменит экологическую ситуацию и станет достойной заменой традиционных способов производства тепла и электроэнергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 256 с.

2. Бредихин С.И., Голодницкий А.Э., Дрожжин О.А., Стационарные энергетические установки с топливными элементами: материалы, технологии, рынки. М.: НТФ «Энергопрогресс» Корпорации «ЕЭЭК». 2017. 392 с.

3. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

4. Кашин А.М., Голодницкий А.Э. Энергетические установки с топливными элементами // Вести в электроэнергетике. 2019, № 1.

5. Ишалин А.В., Файзуллина Г.И., Марьин Г.Е. Перспективные направления получения водорода // Тинчуринские чтения – 2021. Материалы Международной молодежной научной конференции. Казань. 2021. С. 182-185.

6. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92.

7. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В. Добавление водорода к топливному газу для повышения энергетических характеристик газотурбинных установок // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 3(158). С. 342-355.

УДК 621.31

Ганюшкина Ю.Д.

*Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ СВОЕВРЕМЕННОЙ КОРРЕКТИРОВКИ НОРМАТИВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Расчет электрической нагрузки – основа проектирования системы электроснабжения любого объекта капитального строительства. От величины электрической нагрузки зависит структура системы, мощность и, соответственно, стоимость закладываемого электрооборудования. Стоимость технологического подключения к действующим электрическим сетям определяется, главным образом, значением мощности, которую потребитель просит в своей заявке [1].

Электропотребление населения за последние годы значительно поменялось, так как количество бытовых приборов увеличилось, однако они стали более энегоэффективными, и в результате наблюдается снижение электропотребления [2].

Современное развитие электроэнергетики заключается в оснащении передовыми технологиями, обеспечении потребителей надежной, качественной и экономически обоснованной энергией.

Актуализация удельных расчетных электрических нагрузок позволит:

- снизить бюджетные расходы на системы электроснабжения в городских и сельских агломерациях на основе формирования статически обоснованных нагрузок жилых и общественных зданий, реконструкции городских подстанций и снижения потерь

электроэнергии повысить надежность в системах городского и сельского электроснабжения, ресурсосбережение за счет использования принципов циркулярной экономики, снижение генерируемой мощности в рамках выполнения задач Энергетической стратегии РФ [3].

В современных условиях, когда электрические приборы с каждым годом становятся более энергоэффективными, актуализацию нормативных документов в части расчетных удельных электрических нагрузок необходимо проводить с периодичностью в 5 лет, эта необходимость вызвана снижением затрат при строительстве и эксплуатации электрических сетей. Чем меньше разница между расчетной и фактической нагрузкой, тем больший экономический эффект будет получен. Достоверность полученных значений предлагается обосновать пятилетним мониторингом электрической нагрузки с последующей статистической обработкой.

Актуализация расчетных электрических нагрузок даст возможность решить вопрос, связанный с повышением загрузки трансформаторных подстанций, а, следовательно, тренд на сокращение «запертой» мощности начнёт ощущаться в течение 3–5 лет [1].

Для решения проблемы «запертой электрической мощности» в жилом секторе необходима актуализация удельных расчетных электрических нагрузок, основанных на фактических данных. Решению поставленной задачи способствует цифровая трансформация в энергетике, в частности переход на использование интеллектуальных счетчиков электроэнергии в совокупности с автоматизированной информационно-измерительной системой [3].

Экономический эффект от актуализации нормативных значений удельных электрических нагрузок могут получить все регионы страны. Структура потребления электрической энергии, состав жилого фонда в различных регионах страны и годовой душевой расход электроэнергии в быту значительно отличаются, что свидетельствует о необходимости разработки нормативных значений удельных электрических нагрузок с учетом региональных особенностей [2].

Экономия в 1,15 млрд. руб. в год для Республики Татарстан связана с уменьшением стоимости технологического присоединения, уменьшением мощности, количества и потерь в трансформаторных подстанциях. Экономический эффект от своевременной актуализации удельных расчетных нагрузок в целом для Российской Федерации составит не менее 100 млрд. руб. в год.

Мониторинг электрической нагрузки с последующей актуализацией нормативных документов позволит приблизить расчетные значения к фактическим, а, следовательно, сократить затраты

на строительство и эксплуатацию электрических сетей, а также позволит своевременно корректировать нормативные документы и будет способствовать получению максимального экономического эффекта [1].

Для осуществления мониторинга электрической нагрузки создаются все условия, в том числе возможность дистанционного снятия показаний с интеллектуальных электрических счетчиков [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солюянов Ю.И., Фдотов А.И., Ахметшин А.Р., Халтурин В.А. Мониторинг и актуализация удельных электрических нагрузок многоквартирных и жилых общественных зданий // Энергосбережение теория и практика: труды Десятой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2020. С. 285-290.

2. Солюянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солюянов В.И. Энергоресурсосберегающий эффект в системах энергоснабжения жилых комплексов от актуализации нормативов электрических нагрузок // Проблемы энергетики: журнал: Известия высших учебных заведений, 2021. Т. 23. № 1. С. 156-166.

3. Солюянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солюянов В.И. Применения цифровых технологий в системах учета электроэнергии для своевременной корректировки нормативов электрических нагрузок // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Материалы 93-го заседания семинара. Иркутск, 2021. С. 369-378.

УДК 621.355

Гарбузов Д.Д.

Научный руководитель: Лимаров А.И., доц.

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

РАЗРАБОТКА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОРТАТИВНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Портативные акустические системы представляют собой компактные девайсы, оснащенные интегрированной системой усиления

мощности звука, способные воспроизводить любой аудиопоток посредством беспроводных интерфейсов или с внешних носителей.

Аккумуляторная батарея является неотъемлемой частью любой портативной акустической системы, поскольку позволяет ей воспроизводить звук без задействования внешних источников. На рынке аккумуляторных батарей существует значительное количество продуктов с различным химическим составом, форматом, напряжением и ёмкостью. В современных портативных акустических системах (ПАС) установлены ёмкие литий-ионные или литий-полимерные аккумуляторные батареи (АКБ), позволяющие воспроизводить звук в течение десятков часов.

Для организации питания акустической системы необходимо спроектировать АКБ таким образом, чтобы она удовлетворяла основным требованиям, предъявляемым потребителями электрической энергии (усилителем звука, частотными фильтрами, устройствами индикации и т. д.) и соответствовала ГОСТ Р МЭК 60086-4-2018 «Батареи первичные. Часть 4. Безопасность литиевых батарей».

Принято решение спроектировать АКБ для трёхполосной ПАС. Главным потребителем электрической энергии в разработанной ПАС является усилитель звука с диапазоном напряжения питания от 12 до 14 В и максимальной потребляемой мощностью в 150 Вт. Дополнительным потребителем является плата-преобразователь напряжения, используемая для питания внешних устройств от сети ПАС, оснащенная USB-интерфейсом.

Для попадания в допустимый диапазон напряжения для питания усилителя звука необходимо воспользоваться формулой:

$$N = U_{\max}/U_n, \quad (1)$$

где U_{\max} - максимальное напряжение питания оборудования, В, U_n - максимальное напряжение одного элемента питания, В.

Исходя из (1) получено, что максимальное необходимое количество аккумуляторов равно 3. В таком случае напряжение питания АКБ будет найдено как сумма напряжений 3-х аккумуляторов, 12,6 В. Это обеспечивается при последовательном соединении

При данном методе подключения элементов 18650 напряжение АКБ равно сумме напряжений каждой ячейки, однако суммарный ток, выдаваемый АКБ становится равным току разряда одного аккумулятора. Согласно документации к аккумуляторам, представленной в таблице, максимальный ток разряда $I = 10\text{А}$, при этом разрядка током до 5А позволяет получать до 21 Вт с каждой ячейки в

течение длительного времени без существенного нагрева и преждевременного износа элемента питания.

Для решения поставленной задачи используется метод включения дополнительных элементов питания параллельно с каждой из последовательно соединенных ячеек. Таким образом удалось достичь номинального тока в 15 А при сохранении напряжения АКБ на уровне 12,6 В. Данная схема подключения аккумуляторных ячеек получила название 3S3P. Немаловажную роль при проектировании АКБ играет ёмкость полученной батареи. При использовании схемы подключения 3S3P полная ёмкость АКБ рассчитывается согласно формулы (2):

$$C = N_p * C_n , \quad (2)$$

где N_p - число параллельно соединенных ячеек, шт. , C_n - номинальная емкость одного элемента питания, mAh.

В результате получим: $C = 9,3 \text{ Ah}$.

Для безопасного использования литий- ионных АКБ необходимо не превышать температурные пределы, не допускать замыкания контактов АКБ накоротко и чрезмерно высоких токов через АКБ. Для этих целей применяются платы BMS (Battery Management system) для осуществления контроля процесса заряда/разряда, мониторинга состояния аккумулятора и его элементов, контроля температуры, количества циклов заряда/ разряда.

Ввиду сложности изготовления аккумуляторных ячеек со строго одинаковой емкостью, существует определенный разброс этого параметра даже в рамках одной партии произведенных изделий. При последовательном подключении такие ячейки разряжаются неравномерно, что приводит к их постоянной разбалансировке, усиливающейся со течением времени. Разбалансировка приводит к преждевременному снижению эксплуатационно- технических свойств аккумуляторов, что снижает срок службы всей аккумуляторной батареи. Для решения данной задачи используются 2 метода- активный и пассивный.

В активном методе балансировки для передачи энергии от батарей с большим зарядом к менее заряженным батареям используются индуктивности или емкости, потери энергии в которых незначительны. При данном методе балансировки система контроля анализирует каждую ячейку по отдельности и вычисляет Qneed- заряд, необходимый для полной зарядки каждой из ячейки, после чего сравнивает напряжения на ячейках и производит разряд отдельных ячеек до уровня

наиболее разряженной. Основное преимущество данного метода заключается в том, что его работа не зависит от внутреннего сопротивления ячеек, основным недостатком- стоимостью BMS, реализующих его.

Пассивный метод иногда называют «резисторной балансировкой». Данный метод довольно прост: разряд батарей, нуждающихся в балансировке, производят через байпасные цепи, рассеивающие мощность. Практически вся избыточная энергия от батарей с большим зарядом рассеивается в виде тепла – это главный недостаток пассивного метода, т.к. он сокращает время работы батарей без подзарядки, однако BMS, реализующие данный метод имеют меньшую стоимость.

В результате исследования использована плата BMS 3S, использующая пассивный метод балансировки.

Подключение последовательных секций АКБ к плате BMS осуществляется последовательно, согласно напряжениям, обозначенным на контактах BMS по схеме (рисунок 1).

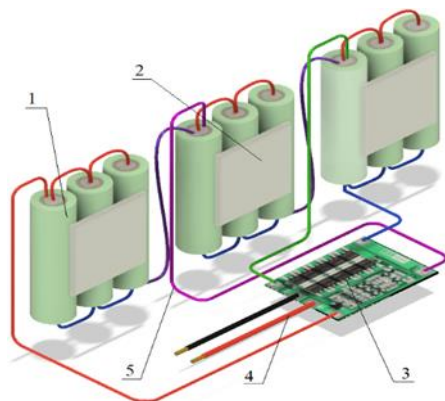


Рис. 1 Подключение ячеек АКБ к плате BMS: 1- литий- ионная ячейка 18650; 2- элемент Пельтье; 3- плата BMS; 4- силовой кабель АКБ; 5- балансировочный кабель

Уникальность проектируемой АКБ заключается в использовании активного охлаждения на элементах Пельтье с автоматическим контролем температуры. Перегрев является одной из главных причин потери аккумуляторными ячейками их эксплуатационно- технических свойств и может привести к опасным последствиям в виде возгорания или взрыва аккумуляторной ячейки.

Термодатчик, используемый в системе, производит подачу питания на элемент Пельтье. В ходе исследования выявлена

максимальная температура, до которой ячейка нагревается без существенной потери своих эксплуатационно-технических характеристик, $t = 45^\circ$.

Принципиальная электрическая схема АКБ представлена на (рисунке 2).

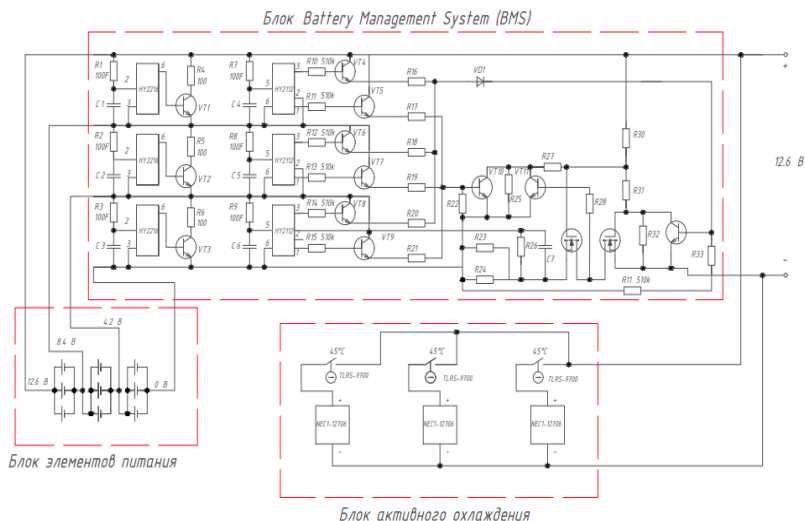


Рис. 2 Принципиальная электрическая схема АКБ

Схема реализована на трёх основных блоках. Блок элементов питания включает в себя девять литий-ионных ячеек типа 18650, подключенных по схеме 3S3P. Блок BMS состоит из микросхем, защищающих ячейки от переразряда и перезаряда, а также блока балансировочных резисторов, реализующих пассивный метод балансировки ячеек блока элементов питания. Блок активного охлаждения реализован на трех элементах Пельтье и трех термодатчиках, равномерно распределенных по площади АКБ и способных контролировать температуру в нескольких ее точках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гребенюкова Д. А., Рогова О. В. Критерии качества, характеризующие надежную работу портативных акустических систем // Социальное питание. Безопасность продовольственного сырья, продуктов питания и товаров народного потребления: межвузовская научно-

практическая конф. (Новосибирск, 17 ноября 2013). Новосибирск: Изд-во: Новосибирский государственный технический университет, 2013. С. 2.

2. Цивадзе А. Ю., Кулова Т. Л., Скундин А. М. Фундаментальные проблемы литий-ионных аккумуляторов // Физикохимия поверхности и защиты материалов. 2013. С. 3.

3. Чупин Д. П. Исследование методов диагностики аккумуляторных батарей // Омский научный вестник. 2013. С.

4. Болотовский В.И. Эксплуатация, обслуживание и ремонт свинцовых аккумуляторов. М.: Энергоатомиздат, 1988. 208 с.

5. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: Энергоиздат, 1981. 360 с.

6. Бухманн И. Безопасны ли литий-ионные батареи? // Электрохимическая энергетика. 2007. № 1. С. 51-53.

7. Садовников А. В., Макачук В. В. Литий-ионные аккумуляторы // Молодой ученый. 2016. № 23. С. 3.

8. Кан М. Технический анализ. Просто и ясно. Л. Питер. 2011. 25 с.

9. Бровко Н. Системы контроля литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторных батарей // Компоненты и технологии. 2006. № 10. С. 1.

10. Авербух М.А. Проектирование электропривода постоянного тока с цифровой системой управления: учеб. пособие вузов./ М. А. Авербух, А. Н. Семернин, А. С. Солдатенков, Г.А. Фальков – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021.

11. Меленичук О. В., Фетисов В. С. Особенности заряда литиевых аккумуляторных батарей и современные технические средства управления этими процессами // Электрические и информационные комплексы и системы. . 2016. № 2. С. 7.

УДК 662.71

Гусаков Е.Е.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Проблемы глобального потепления, вызванные в значительной степени сжиганием ископаемого твердого топлива (в первую очередь угля), создают предпосылки для разработки и внедрения новых экологически эффективных топливных композиций на основе

биомассы в общий баланс производства тепла и электроэнергии. Попытки внедрить в энергетический сектор возобновляемые источники энергии (ветрогенераторы и фотоэлектрические преобразователи) не привели к осязаемому успеху в замене традиционных электростанций, работающих на угле, экологически чистыми электростанциями. По мнению экспертов, в настоящее время одним из наиболее перспективных видов возобновляемых источников энергии является биомасса (или биотопливо). Возможно, именно поэтому энергетическая политика большинства развитых европейских государств (Германия, Дания, Швеция) направлена на прямые материальные субсидии для активного внедрения биотоплива в цикл производства тепловой и электрической энергии.

Исследования по совместному сжиганию лесного топлива и отходов деревообработки с углем как в виде сухих топливных смесей, так и в составе сложного биоводоугольного композита показали перспективность использования лесных горючих материалов в качестве добавки к угольному топливу [1].

На сегодняшний день (например, на станции Аведёр в Дании) на тепловых электростанциях используются отходы лесопиления (опилки, стружка) или сельского хозяйства (кукурузный стебель и другие).

Эти материалы достаточно дешевы и остаются в больших количествах (особенно в регионах с развитыми деревообрабатывающими и агропромышленными комплексами) после переработки древесины и сельскохозяйственной продукции. Но уже сейчас становится очевидным, что перспективно использовать лесное топливо в качестве биотоплива, как самостоятельно, так и в составе топливных композиций (рисунок 1). Это связано с обширностью лесных земель и низкой стоимостью производства топлива на основе лесных горючих материалов. К последним относятся лесные отходы: лиственный и хвойный мусор, лесной мусор, мертвая упавшая древесина. Финансовые затраты на сбор и транспортировку таких материалов во много раз ниже, чем затраты на добычу угля, газа или нефти.



Рис. 1 ТЭС на древесном топливе

В России биотопливо в основном используется в частном секторе и на промышленных предприятиях. Следовательно, доля биоэнергетики в общей энергетической системе страны менее 0,3%. А в европейском союзе – коммунальное хозяйство активно переводится на древесные гранулы, жидкое биотопливо, брикеты и другие [2].

Одним из основных направлений утилизации древесных отходов является производство тепловой и электрической энергии. Древесные отходы обладают рядом преимуществ:

- являются CO_2 - нейтральными;
- в их составе практически нет серы;
- относятся к возобновляемым источникам энергии [5];
- возможность сжигать влажные отходы (до 50 – 60 % влаги);
- уменьшение эмиссии двуокиси углерода;
- низкая коррозионная агрессивность дымовых газов;
- возможность конденсировать влагу дымовых газов и высвободить скрытую теплоту парообразования;
- низкая, по сравнению с ископаемым топливом, цена.

Существует несколько методов сжигания древесных отходов:

1. Прямое сжигание – происходит в топках с горизонтальной, конусообразной, наклонной и подвижной колосниковой решеткой. Этот метод используется в печах малой мощности (менее 20 МВт), в том числе сжигания с высокой влажностью: длинномерных, кусковых отходов, коры, щепы, опилок, гранул, брикетов и т.д. и водогрейных котлах. При этом методе теплоэнергия в основном используется для

сушки древесины в сушильной камере, в водогрейных котлах для обогрева жилых и производственных помещений [6].

2. Газификация (рисунок 2). Представляет собой двухэтапный процесс (сжигание газов во вторичной камере сгорания). Сначала топливо подается в первичную камеру (предтопку), где оно нагревается до температуры, при которой происходит процесс газификации. Далее во вторичной камере перегретый и смешанный со вторичным воздухом древесный газ сгорает практически без остатка. После этого продукты сгорания используются в котле или печи для получения горячей воды, воздуха или пара [3].

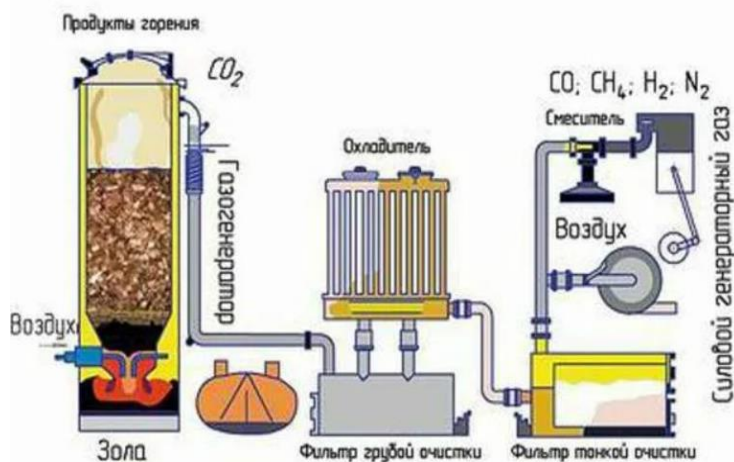


Рис. 2 Газогенераторная установка

3. Сжигание в кипящем/циркуляционном слое (рисунок 3). Данный метод позволяет достичь наибольшей экономичности и эффективности за счёт почти 100% сгорания топлива при меньшем выбросе отходов сгорания по сравнению с прямым сжиганием. Измельченное древесное топливо попадает в кипящий слой (созданный продуванием воздуха или газа через слой инертного материала). Благодаря этому процесс горения протекает стабильно и с высокой эффективностью.

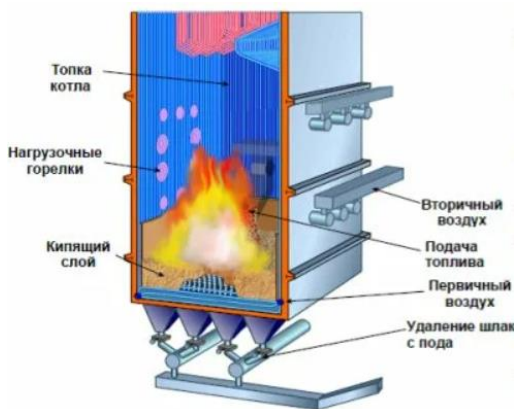


Рис. 3 Котел с кипящим слоем

4. Сжигание пылевидного слоя (рис. 4). Сжигание производится с помощью специальных горелок для сжигания древесной пыли, которая получается путем измельчения древесных отходов. Обычно это топливо используют в котельных или ТЭЦ, которые работают на пылевидном топливе или торфе. Стоимость данного производства высока [4].



Рис. 4 Сжигание пылевидного топлива.

Технологии энергетического использования древесных отходов постоянно совершенствуется. В России на данный момент строятся котельные для сжигания древесных отходов по усовершенствованным технологиям с высоким КПД. С помощью применения приведенных технологий сжигания топлива можно снизить потребление невозобновляемых источников энергии; затраты на производство;

вредные выбросы в окружающую среду и рационально использовать отходы деревообрабатывающей промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федотов А. Планета Земля, человечество, экономика // Экономист. 1995. № 11. С. 43-56.
2. Петринчик В.А., Царев А.С. Использование биотоплива в коммунальной теплоэнергетике // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования: Материалы пятой международной научно-технической конференции. Т.2. Вологда: ВоГТУ, 2009. С. 85-87.
3. Лямин В.А. Газификация древесины. М.: Лесная промышленность, 1967. 260 с.
4. Головкин С.И., Коперин И.Ф., Найденов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. М.: Лесная промышленность, 1987. 224 с.
5. Порожнюк Л.А., Василенко Т.А., Порожнюк Е.В. Роль экологического аудита в обращении с отходами в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 177-180.
6. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Теплотехнические испытания твердоотопливных отопительных котлов малой мощности при сжигании брикетированных RDF-топлив // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 224-233.

УДК 699.86

Гусаков Е.Е.

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

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Для защиты любого здания или сооружения от теплопотерь, а также от повышенной влажности, с далеких времен применяют различные виды теплоизоляционного материала. Для того, чтобы выбрать материал для обеспечения наилучшей теплоизоляционной

защиты здания проводят множественные расчёты. Ведь теплоизоляция не только минимизирует потери тепла, но и сокращает расходы на обогрев здания в осенне-зимний период, а также сохраняет прохладу в жаркие дни. Современные теплоизоляционные материалы экологичны и удобны в монтаже. В настоящее время строительный рынок предлагает множество вариантов теплоизоляции по различным ценам и разным составом. Благодаря этому, с помощью расчетов можно выбрать недорогой материал, который обеспечит комфортную температуру внутри помещения с минимальными затратами на отопление и кондиционирование. Кроме того, современные теплоизоляционные материалы обладают звукоизоляционными свойствами. Используя утеплитель можно сократить расходы энергии до 30% [1].

Как уже говорилось выше, существует множество видов теплоизоляции. Это такие виды как: рулонные, листовые, сыпучие, единичные. По структуре их разделяют на волокнистые, зернистые и ячеистые. По виду сырья, из которого выполняются сами материалы, разделяют на:

1. Органические, природные или натуральные утеплители. К ним можно отнести древесное волокно, бумажные гранулы, пробковая кора, пенопласт, торф и др. Вышеперечисленные виды применяют только внутри помещения. Это минимизирует высокую влажность. Но у этой категории теплоизоляционных материалов есть один существенный минус – они не огнеупорные.

2. Неорганические утеплители. Это такие материалы, как горные породы, каменная вата, минераловатные утеплители, пеностекло, вспененный каучук и др. Они обладают высокой степенью паропроницаемости и огнестойкости.

3. Смешанные – перлит, вермикулит, асбест и др. Эта категория отличается наилучшим качеством, но высокой стоимостью.

Самым распространённым традиционным теплоизоляционным материалом в наши дни является минеральная вата. Она относится к высокопористому материалу, благодаря чему отлично справляется со своими функциями. Минеральная вата не пропускает влагу, отличается хорошей шумоизоляцией, морозостойкостью, высокой степенью огнеустойчивости, долгим сроком службы, экологичностью и лёгкостью монтажа. Минеральная вата под действием высоких температур не выделяет токсичных дымов и газов, устойчива к химическому воздействию, не боится грызунов и не подвержена гниению, может быть использована в качестве наполнителя для заполнения различных полостей и пространств в стенах здания.

Из современной нетрадиционной теплоизоляции существуют вакуумные изоляционные панели. Вакуумная изоляционная панель состоит из жесткого высокопористого материала сердечника, заключенного в тонкую газопроницаемую оболочку, которая превращается в вакуум и герметизируется для предотвращения проникновения внешних газов в панель.

Тепловые сети являются важнейшей частью системы центрального теплоснабжения, потенциал которой в России в некоторых регионах практически не развит, либо слабават [2, с.241]. Теплоизоляция широко применяется для защиты уличных трубопроводов (теплотрасс) от теплопотерь, агрессивных воздействий окружающей среды и т.д. [3, с. 90]. Предотвращается обледенение воды при застое, замедляется процесс коррозии. Существуют мягкие рулонные утеплители, полуцилиндры и цилиндры с определенной формой жесткого выполнения.

Какими же свойствами должен обладать теплоизоляционный материал для теплотрасс? При выборе утеплителя необходимо изначально определиться с местом, где проходит тепловая трасса – подземная или надземная установка. Так же влияет диаметр расположенных труб, температура переносимого теплоносителя и условия, при которых совершается эксплуатирование системы [4, с.54].

Разновидности утеплительных материалов для труб.

1 Для изоляции труб используют пенополиуретан (рисунок 1), который состоит из ребер и стенок, образующие цельную конструкцию твердой формы. Он обладает высоким уровнем прочности, диэлектрическими качествами, экологичностью, не поддается гниению. Вспененный полиэтилен – не боится разных перепадов температур, устойчив к воздействию влаги, наиболее популярен. Имеет форму трубки с небольшим надрезом. Довольно лёгкий в монтаже, экологически безвреден, высокий срок службы, подходит для применения, как и внутри помещения, так и снаружи. Толщина, которую имеет изоляция теплотрассы, ограничивается условиями её эксплуатации. Даже самый толстый утеплитель, уложенный в несколько слоёв будет пропускать некоторое количество теплоты. Следовательно, надо не увеличивать в диаметре утепленную трубу, а использовать утеплитель с минимальным коэффициентом теплопроводности.

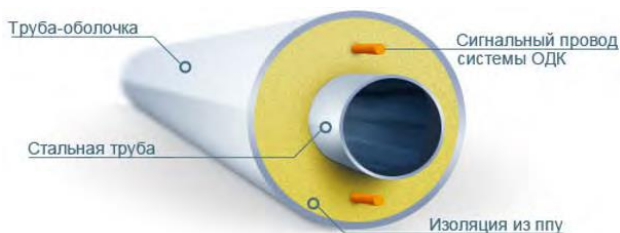


Рис. 1 Труба в ППУ изоляции

2 Теплоизоляция минеральной ватой (рисунок 2) – практически не гигроскопична; стабильные свойства на протяжении всего периода использования; длительный срок эксплуатации. Большая часть тепловых сетей изолирована минеральным материалом. Существуют разные показатели теплопроводности минеральной ваты в зависимости от плотности и температуры использования: при температуре 25°C – $0,044 - 0,049 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ и при 125°C – $0,067 - 0,072 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ [5, с.45].



Рис. 2 Теплоизоляция минеральной ватой

3 Теплоизоляция напылением ППУ, использование ППУ-скорлуп (является эластичным материалом; быстрый монтаж; стабильные теплоизоляционные качества, не подвержен гниению) [6].

4 Теплоизоляция пенобетоном (высокие теплоизоляционные свойства; высокая технологичность, адгезионные свойства; монолитность).

5 Армированный бетон (эффективная изоляция; прочность и долговечность).

6 Теплоизоляция на основе техногенных метриалов – отходов производства [7, 8]

Выполненный анализ показал, что тепловые сети – легко уязвимое звено системы центрального теплоснабжения. Примерное количество

аварий на теплотрассах в год составляет 70 инцидентов на 100 км. Реализация мероприятий, направленных на реконструкцию источников теплоты, с пересмотром гидравлических режимов достаточно затратна, поэтому возникает возможность уже сейчас скорректировать данную ситуацию применением современных типов теплоизоляции.

Качественный утеплитель для труб не только предохраняет их от разрушений, но и даёт неплохую возможность сэкономить на топливе и сохранить близкую к исходной температуре теплоносителя на всём пути от источника до потребителя. Поэтому, прежде чем выбирать изоляцию, нужно с ответственностью отнестись к выбору. А также, надёжная теплоизоляция позволит продлить срок службы теплотрассы до 30 лет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лучшая высокотемпературная теплоизоляция 2021 года [Электронный ресурс]: ФундаментВед. Строительный справочник/ URL: <https://dispatcherdoma.ru/izolyaciya/kakaya-byvaet-teploizolyaciya-2.html>

2. Китаев С.В., Смородова О.В., Усеев Н.Ф. Об энергетике России // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. № 4 (106). С. 241-249.

3. Смородова О.В. Инструментальная оценка динамики старения минераловатной тепловой изоляции // Инновационная наука. 2016. № 8–2. С. 90-93.

4. Шойхет Б.М. Проектирование тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей // Энергосбережение. 2015. № 1. С. 54-56.

5. Копко В.М. Теплоизоляция трубопроводов. Минск: Технопринт, 2002. 160 с.

6. 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. 48-56.

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

8. Загороднюк Л.Х., Корякина А.А., Севостьянова К.И., Хахелева А.А. Теплоизоляционные композиционные смеси с техногенными материалами // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 490-495.

УДК 620.9: 330.131

Гусаков Е.Е.

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

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Повышение энергоэффективности считается приоритетным направлением в настоящее время, особенно в странах Европейского Союза [1]. Действительно, жизненно важно сократить счета за электроэнергию, отопление и повысить энергетическую безопасность, снизить нагрузку на окружающую среду. В ходе энергетического аудита определяют ряд энергоэффективных технологий как экономически эффективные, но их внедрение все еще мало выполнимо, чем ожидалось. Это различие между потенциальной энергоэффективностью и ее фактической реализацией часто называют "разрывом в энергоэффективности". Другими словами, разрыв в энергоэффективности – это разница между минимизированными затратами при полной энергоэффективности и достигнутым фактическим уровнем энергоэффективности [5, 6].

Энергоэффективность в зданиях важна не только для обеспечения комфорта пользователей по более низким затратам на энергообеспечение, но и для содействия экологической устойчивости. В то время как внедрение энергоэффективных технологий в жилых зданиях зависит от индивидуальных предпочтений и решений потребителей, в контексте бизнеса это решение зависит от факторов, связанных с принятием управленческих решений. На самом деле, на разрыв в энергоэффективности в бизнесе может повлиять не только наличие сбоев на рынке, в которых асимметрия информации играет решающую роль, но и поведенческие факторы, а также ошибки моделирования и измерений в отношении экономических затрат, связанных с этими энергоэффективными технологиями.

Существует множество технологических возможностей для повышения энергоэффективности в таких областях, как освещение, изоляция, отопление, охлаждение и приобретение более эффективного нового оборудования [2].

Энергоэффективные мероприятия являются экономически эффективными, если затраты на их внедрение меньше, чем полученная экономия после проведенных мероприятий. Экономическая эффективность определяется с помощью энергетического аудита. Для анализа потребления и расчёта потерь электроэнергии в сетях электроснабжения, на объекте собирается первичная информация о составе электроприёмников, их установленной мощности, нагрузке и времени использования. После проведенного расчёта можно увидеть, как потребляется электроэнергия и какие мероприятия можно предложить для экономии в последующем времени. Например, это могут быть такие мероприятия, как: замена источников света на более эффективные (такие как люминесцентные лампы, лампы накаливания на светодиодные; лампы ДРЛ на дуговые натриевые лампы) что позволит снизить траты электроэнергии на освещение.

Для энергоаудита теплоснабжения собирают информацию о способе теплоснабжения предприятия, потребляемых объемах теплоты и т. д. С помощью тепловизора находят потери и утечки тепла здания согласно РД 153–34.0–20.364–00 «Методика инфракрасной диагностики тепломеханического оборудования». Расчёт тепловых потерь с утечками во внутренних системах теплоснабжения проводится на основе нормативных показателей величины утечки в зависимости от типа систем отопления и величины тепловой нагрузки на отопление [3]. Потери с утечками $Q_{ут}$ зависят от величины утечек $G_{ут}$ и определяются по выражениям:

$$Q_{ут} = G_{ут} \cdot c \cdot ((t_1 + t_2)/2 - t_{хв}) \cdot 10^{-3}, \text{ Гкал} \quad (1)$$

$$G_{ут} = a \cdot V_{сист} \cdot \rho \cdot T \cdot 10^{-3}, \text{ т},$$

где a – нормативное значение утечки из тепловой сети; $V_{сист}$ – объем воды в системе, м³; ρ – плотность воды при средней температуре $(t_1 + t_2)/2$, кг/м³; c – удельная теплоемкость воды; t_1 , t_2 – средняя температура воды соответственно в подающем и обратном трубопроводе; $t_{хв}$ – средняя температура холодной воды, °С; T – часы работы в отопительном периоде.

Объем системы теплоснабжения определяется по формуле:

$$V_{сист} = Q_0^{MAX} \cdot V_{уд}, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где Q_0^{MAX} – максимальная часовая отопительная нагрузка здания, Гкал/час; $V_{уд}$, – удельный объем воды в системах отопления, принимаем в зависимости от установленных в помещении отопительных приборов, $м^3/(ч \cdot Гкал)$.

Расчёт нормативного расхода тепловой энергии на отопление производят, основываясь на среднемесячной температуре наружного воздуха за отопительный период по СП 131.13330.2018 «Строительная климатология».

Перечень типовых мероприятий по энергосбережению [8]:

- 1) назначение ответственного лица за обеспечение мероприятий по энергосбережению;
- 2) обучение в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности персонала, ответственного за обеспечение мероприятий по энергосбережению;
- 3) совершенствование порядка работы учреждения и оптимизация работы систем освещения, вентиляции, водоснабжения;
- 4) введение графиков включения и отключения систем освещения, вентиляции, тепловых завес и пр.;
- 5) разработка и введение в действие системы поощрения сотрудников учреждения за действия, направленные на энергосбережение.

Типовые технические мероприятия по энергосбережению:

Системы электроснабжения.

1. Установка выключателей нагрузки перед вводами силовых трансформаторов.
2. Устранение дефектов коммутационного и электросилового оборудования.
3. Замена высоковольтных масляных выключателей на вакуумные.
4. Замена устаревших трансформаторов на современные.
5. Снижение потерь электроэнергии в кабельных сетях.
6. Равномерное распределение нагрузок по фазам.

Системы освещения.

1. Снижение расхода электроэнергии на цели освещения путем реконструкции существующей системы освещения за счет установки энергоэффективных источников света.
2. Сокращение области применения светильников с лампами накаливания и их замена на светильники с люминесцентными лампами.
3. Замена люминесцентных ламп старой модификации на лампы нового поколения меньшей мощности.
4. Замена традиционных систем освещения на светодиодные.
5. Окраска стен помещений в более светлые тона.

Системы отопления.

1. Составление руководств по эксплуатации, управлению и обслуживанию систем отопления, периодический контроль со стороны руководства учреждения за их выполнением.

2. Оснащение систем отопления приборами учета.

3. Гидравлическая наладка внутренней системы отопления.

4. Ежегодная химическая очистка внутренних поверхностей нагрева системы отопления и теплообменных аппаратов.

5. Автоматизация систем теплоснабжения зданий путем установки индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) с регулированием подачи теплоты [7].

6. Снятие декоративных ограждений с радиаторов отопления.

7. Установка теплоотражателей за радиаторами отопления.

8. Установка запорных термостатических вентилей на радиаторах отопления.

9. Замена однетрубной системы отопления на двухтрубную.

10. Установка тепловых завес и так далее.

В конце проведенного энергоаудита основываясь на данных расчёта дают рекомендации по энергосберегающим мероприятиям. [4]. С помощью перечисленных в статье мероприятий, можно определить наилучший способ экономии в энергообеспечении предприятия в последующем будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байтасов Р.Р. Основы энергосбережения: учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 188 с.

2. Анищенко В.А., Токочакова Н.В., Фёдоров О.В. Инвестиции в системы электроснабжения в энергоэффективность промышленных предприятий. Минск: БНТУ, 2009. 93 с.

3. Игнатьев В.В. Советы по энергосбережению на промышленных предприятиях // Энергосовет. 2016. № 2(44). С. 31-36.

4. Мероприятия по энергосбережению на предприятиях [Электронный ресурс]: URL: <https://energo-audit.com/meropriyatiya-po-energoberezhениyu>.

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

6. Шарапов О.Н., Шугаева М.А., Долженков Д.Ю. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в образовательных учреждениях // Вестник Белгородского

государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 43-45.

7. Бычихин С.А., Свиринов М.В., Трубаев П.А. Оценка энергосберегающего эффекта при установке автоматизированных тепловых пунктов в образовательных учреждениях // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 129-133.

8. 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 620.9

Д. Хадил

Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АЛЖИРСКОЙ НАРОДНОЙ ДЕМОКРАТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Сегодня Алжир потенциально может внедрить достаточное количество ВИЭ как в целях стимулирования национального энергетического развития, так и для экологических задач по сокращению выбросов, загрязняющих атмосферу планеты. Для реализации такого рода потенциала в последние годы государство приступило к разработке планов по развертыванию крупномасштабных энергетических проектов в сфере ВИЭ и созданию местных производственных мощностей [1, 2].

Наличие в Алжире более трех тысяч часов солнечного света обуславливает потенциальные возможности государства в направлении масштабного развертывания объектов генерации солнечной энергии. Развитие данной тенденции может благоприятно сказаться на снижении стоимости рынка ВИЭ, а также существенно облегчить финансирование соответствующих проектов [3].

При этом следует упомянуть, что несмотря на выше обозначенные преимущества, а именно возможности повышения доли генерации экологически чистой энергии, Алжир также является третьим по величине CO₂ во всей Африке. Аналитики прогнозируют, что в ближайшем будущем как последующее совершенствование энергетического комплекса государства в целом, так и массовое

внедрение в него ВИЭ, повлекут за собой ряд последствий для граждан, экономики и экологии страны [4].

Исследователи отмечают, что с экономической точки зрения Алжир может получить существенные финансовые выгоды за счет повышения проникновения ВИЭ во внутренний энергетический рынок страны. Во многом это обусловлено наличием довольно небольшого объема имеющихся электроэнергетических мощностей, поступающих от ВИЭ. Действительно, в 2022 году среди практически двадцати пяти тысяч вырабатываемых в стране мегаватт всего около семисот мегаватт генерируются с помощью возобновляемой энергии. Специалистами также сообщается о том, что увеличение доли генерации солнечной электроэнергии и использование иных возобновляемых источников в рамках разрабатываемых в стране новых энергетических проектов, с большой вероятностью позволит Алжиру получать дополнительные объемы природного газа для международного экспорта [4].

Алжирские исследователи отмечают, что рост энергопотребления в стране может стать стимулом для удовлетворения нового спроса на энергию за счет ВИЭ, а не с помощью использования собственного природного газа. В период с 2015 по 2019 год генерация электроэнергии в Алжире увеличивалась каждый год примерно на пять процентов (с 65 тыс. гигаватт-часов до 76 гигаватт-часов). Согласно недавним прогнозам, через три года выработка электроэнергии в стране будет характеризоваться восьмипроцентным увеличением ежегодных показателей, что предположительно удовлетворит упомянутую растущую потребность. Обозначенный спрос на электроэнергию в стране наблюдается по причине демографических изменений: за последнее десятилетие население Алжира выросло почти на восемнадцать процентов (в среднем на два процента в год) [4].

Что касается непосредственно энергетической стратегии и планов по использованию ВИЭ в стране, то правительство Алжира в настоящее время находится в процессе реализации инициатив по стимулированию развития проектов в области возобновляемой энергетики. К 2030 году Министерством энергетики и горнодобывающей промышленности государства были установлены целевые показатели по необходимым мощностям ВИЭ, ожидаемый объем которых составляет 22 гигаватта [3].

Свой первый тендер в сфере ВИЭ государство провело в 2019 году, когда энергетике страны требовалось 150 МВт дополнительных мощностей, генерируемых с помощью ВИЭ, также была поставлена задача обеспечения качественной электроэнергией [5] потребителя. Основные критерии качественной электроэнергии - уровень и

несимметрия напряжения, так как линии электропередач имеют большие протяженности и для отдаленных потребителей это большая проблема [6, 7].

Специалисты подчеркивают, что такие тендеры в последние годы включали положения и требования, касающиеся содержания солнечных панелей и оборудования, а также соответствующего местного финансирования. Однако последние, вероятно, были весьма амбициозными по отношению к национальным производственным мощностям и опыту денежного оборота в обозначенном направлении, поэтому современное зарождение рынка ВИЭ в стране вызвало тогда и по сей день вызывает у ряда инвесторов сомнения [1].

Нельзя не упомянуть, что в целях усиления энергетического перехода летом 2020 года в Алжире было создано специальное министерство по ВИЭ. Последнее, в соответствии с принятой в государстве энергетической стратегией в конце 2021 года опубликовало объявление о проведении тендера на строительство солнечных электростанций общей мощностью 1 тыс. МВт. В рамках данного процесса предлагается реализовать проекты мощностью от 50 МВт до 300 МВт каждый, которые будут включены в более широкую инициативу по реализации ежегодных закупок одной тысячи мегаватт солнечной энергии до тех пор, пока в стране не будет освоено пятнадцать тысяч мегаватт электроэнергетических мощностей. На данный момент такая энергетическая стратегия Алжира представляет собой самую амбициозную государственную программу закупок ВИЭ в мире [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zahraoui Y. Et al. Current status, scenario, and prospective of renewable energy in algeria: a review // *Energies*. 2021. Т. 14. № 9. P. 2354-2362.

2. Anis A. et al. Challenges facing the implementation of wind energy in Algeria: a review paper // 2021 1st International Conference On Cyber Management and Engineering (CyMaEn). IEEE, 2021. P. 1-6.

3. Ersoy S.R., Terrapon-Pfaff J. Sustainable transformation of Algeria's energy system: development of a phase model. 2021. № 1. P. 37-45.

4. Zaid M., Khouildat S., Siagh A. R. Strategy of the renewable energy in Algeria, as an inevitable drift to diversification of the economy // *Transport*. Т. 13. №. 13. P. 39-53.

5. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV //

Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

6. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

7. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИрГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

УДК 620.91

*Драпак А.С., Назаренко Р.С., Патрикеев Д.Ю.
Научный руководитель: Рыбина А.В. асс.*

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

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ БАШЕННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Среди разнообразных технологий производства чистой энергии выделяется получение тепловой и электрической энергии через систему концентрированной солнечной энергии. Центральные башенные установки считаются наиболее перспективными в ближайшие годы. В этих установках поле гелиостата собирает и перенаправляет солнечное излучение к центральному приемнику, где жидкость нагревается. После этого та же самая жидкость или пар, нагревает другой теплоноситель в теплообменнике, осуществляется термодинамический цикл, который производит выходную механическую мощность, преобразованную в тепловую и электрическую энергию через соответствующую подсистему. В солнечном приемнике можно достичь довольно высоких температур выше 1000 К, что обеспечивает высокую эффективность цикла. Каждая из подсистем типичной установки должна рассматриваться, делая акцент на более актуальных направлениях исследований и проблемах, которые необходимо решить в ближайшие годы.

Текущая антропогенная интенсификация изменения климата, рост спроса на энергию и истощение ископаемого топлива повысили необходимость новой парадигмы производства энергии, направленной

на увеличение вырабатываемой энергии, но из более чистых источников, сокращающих выбросы загрязняющих веществ. Среди различных возобновляемых источников энергии – Технология CSP концентрированной солнечной энергии. Представляет собой очень интересный вариант, который использует солнечную радиацию в качестве основного источника энергии. Эта технология выделяется своей способностью производить надежную, безопасную, эффективную и чистую электроэнергию, снижающую или даже полностью удаляющую выбросы загрязняющих веществ, связанных с традиционным сжиганием топлива [1]. В концентрированных солнечных энергетических системах прямое солнечное излучение концентрируется с целью получения (средней или высокой температуры) тепловой энергии, которая впоследствии преобразуется в электрическую энергию с помощью термодинамического цикла и электрического генератора. Основным преимуществом технологии концентрированной солнечной энергии по сравнению с другими обычными возобновляемыми источниками энергии, такими как фотоэлектрическая или ветровая энергия, является ее потенциал для гибридизации, а также для хранения солнечной энергии в виде тепла. Эти возможности позволяют производить электрическую энергию при желании, а также исправлять неотъемлемо переменное излучение солнца, тем самым помогая стабилизировать и контролировать выходную мощность.

Солнечное излучение, достигающее Земли, называется глобальным излучением. Он имеет два компонента: прямое и диффузное солнечное излучение. Прямое нормальное излучение является наиболее важным компонентом для производства солнечной концентрирующей энергии, и оно учитывает количество солнечного излучения, которое достигает нормальной или перпендикулярной области. Поэтому лучшими местами на Земле для генерации являются районы с более высоким уровнем прямого нормального излучения, а именно регионы примерно между 15° и 40° северной и южной широт, а также места с более высокими высотами. В результате такие регионы, как Чили, Перу, север Мексики и юго-запад США в Америке; районы Западной Австралии; южная и Северная Африка; некоторые средиземноморские регионы; Ближний Восток; или северо-запад Индии и западный Китай в Азии имеют большой потенциал для CSP [2].

Принцип работы концентрированной (или концентрирующей) солнечной энергии очень прост: прямое солнечное излучение концентрируется с целью получения высокотемпературной (примерно от 500 до 1000°C) тепловой энергии, которая преобразуется в

электрическую энергию. Хотя существуют различные механизмы, системы CSP в основном формируются одними и теми же элементами:

1) Солнечный отражатель (или система отражателей), который собирает и концентрирует солнечное излучение.

2) Солнечный приемник, где концентрируется и поглощается солнечное излучение.

3) Система преобразования энергии, которая превращает концентрированное солнечное тепло в механическую энергию.

4) Электрический генератор, который преобразует эту механическую энергию в электричество.

Ключевым преимуществом CSP по сравнению с другими возобновляемыми источниками энергии, такими как фотоэлектрическая энергия или энергия ветра, является его способность накапливать тепло для производства электроэнергии при желании [3]. Следовательно, CSP может быть соединен с накопителем тепловой энергии (TES), а также с камерой сгорания, сжигающей некоторое обычное топливо или некоторый биогаз, составляющий гибридные установки. В настоящее время исследуются и другие схемы гибридизации, такие как соединение с фотоэлектрическими, ветровыми, биогазовыми или геотермальными системам. Как эти гибридные, так и TES системы обеспечивают высокую диспетчеризацию и стабилизацию выходной мощности. Поэтому генерация может быть перенесена в не солнечное время, в виде облачных периодов или даже в ночное время. Таким образом, установки CSP могут быть спроектированы для покрытия базовых нагрузок или пиков спроса, что является важным преимуществом по сравнению с фотоэлектрическими или ветроэнергетическими установками [4].

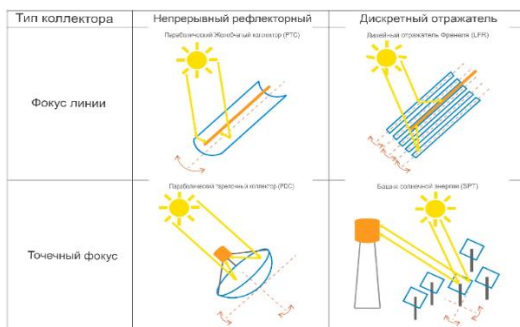


Рис. 1 Типы солнечных коллекторов

В настоящее время можно выделить четыре общепринятых типа концентрированных солнечных энергетических систем [5]. Они

различаются по способу концентрации солнечного излучения на приемнике:

1) Параболические желобчатые коллекторы состоят из параболического зеркала, которое концентрирует солнечное излучение на фокусной линии.

2) Линейные отражатели Френеля также фокусируют солнечный свет на линейном приемнике, но в данном случае через массив линейных плоских зеркал, ведущих себя как линза Френеля.

3) Параболические тарелочные коллекторы состоят из параболического зеркала, которое отражает и концентрирует солнечное тепло в фокусной точке тарелки.

4) Солнечные энергетические башни, также называемые центральными приемными системами, устанавливаются полем гелиостатов, которое отражает солнечное излучение в центральный приемник, расположенный на вершине башни. Эти гелиостаты отслеживают Солнце с двумя осями [6]. Они также рассматриваются как коллекторы с точечным фокусом.

В качестве заключительных замечаний из этого обзора можно сказать, что в целом ясно, что для инноваций в концентрированных солнечных электростанциях, особенно в башнях солнечной энергии, все еще существует запас. Стабильное и надежное производство электроэнергии, поддержка развертывания и ожидаемое снижение затрат на электроэнергию являются основными факторами, которые делают CSP будущей альтернативой среди других возобновляемых источников энергии. Тем не менее, текущие более высокие затраты на электроэнергию CSP в отношении других более традиционных технологий и неуверенной политики по-прежнему являются большим препятствием для его развития [7].

Все вышеперечисленные проблемы делают солнечные энергетические башни, среди других технологий концентрированной солнечной энергии, перспективной технологией с коммерческими возможностями в среднесрочной перспективе. Лучшая производительность и более дешевая электроэнергия по сравнению с другими вариантами кажутся в пределах досягаемости. Конечная стоимость электроэнергии и другие экономические показатели снижаются быстрее, чем для других концентрированных солнечных батарей, прокладывая путь к ее полной доступности среди экономически эффективных и чистых способов производства электроэнергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рычков В.В., Солдатенкова Е.И., Трубаев П.А. Оценка величины вырабатываемой электроэнергии солнечными электростанциями в Белгородской области // Энергетические, управляющие и информационные системы: Сб. докл. I межд. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 138-141.

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

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. Гашо Е.Г., Разоренов Р.Н. Возобновляемая энергетика: отечественные реализованные проекты // СОК. 2019. № 4. С. 60-73.

6. да Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико–технические основы: учебное пособие; пер. с англ. под ред. С.П. Малышенко, О.С. Попеля. Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ: 2010. 704 с.

7. Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Эффективность солнечных водонагревательных установок в условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 416-420.

УДК 662.769.21

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

Научный руководитель: Рыбина А.В., асс.

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

ЗЕЛЕНЬЙ ВОДОРОД КАК НОВЫЙ ИСТОЧНИК ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Для того чтобы уменьшить глобальные последствия проблем, связанных с изменением климата, необходим переход от

существующих ископаемых видов топлива к безэмиссионной или более чистой энергии. Зеленый водород, то есть водород, получаемый из возобновляемых источников энергии (ВИЭ), быстро становится потенциальным решением для секторов, которые трудно электрифицировать за счет чистых ресурсов, таких как промышленность, здания и транспорт. Зеленый водородный энергоноситель позволяет направлять большие объемы ВИЭ из энергосистем в секторы конечного использования, такие как транспорт, здания и промышленность, как показано на рис. 1. Из этого рисунка видно, что зеленый водород извлекается из воды с помощью электролизера, потребляющего электрическую энергию [1]. Генерируемый зеленый водород может быть непосредственно смешан и введен в сеть природного газа до определенного процентного содержания. Благодаря этой способности количество потребления природного газа, особенно газовыми электростанциями, будет уменьшено по сравнению со случаем отсутствия зеленого водорода. Кроме того, синтетический метан может быть получен методом паровой конверсии метана. Этот метан, который можно напрямую закачивать в газовые сети, является эффективным способом сокращения выбросов CO₂. Кроме того, зеленый водород можно хранить и использовать в морских, авиационных и других транспортных системах через цепочку поставок водорода.

2020–2050 года станут решающими для использования технологии зеленого водорода как одного из наиболее многообещающих вариантов долговременного хранения электроэнергии. Таким образом, цель по доле электроэнергии в мировом энергетическом портфеле к 2050 году будет достигнута, и, следовательно, мир безуглеродной энергетики, предусмотренный Парижским соглашением, вероятно, будет достигнут.

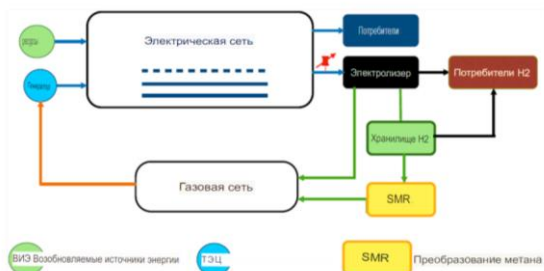


Рис. 1 Использование гибридной системы на основе водорода

В последнее время сообщалось о различных анализах, касающихся технических, экономических и экологических последствий использования водорода как нового энергоносителя. Например, концепция голубого водорода и его роль в качестве движущей силы для зеленого водорода в следующие десятилетия проанализированы для немецкого энергетического сектора. Кроме того, технологии электролиза, такие как щелочная и протонообменная мембрана совершенствовались в последние десятилетия, и вскоре ожидается их масштабирование до крупномасштабных устройств. Эта эволюция может увеличить долю зеленого водорода в будущей обезуглероженной энергетической цепочке во всем мире. Анализ затрат и выгод подтверждает, что зеленый водород станет конкурентоспособным энергоносителем в ближайшем будущем. Кроме того, потенциал возобновляемой (зеленой) водородной энергетики и его влияние на цены на электроэнергию, а также возможный спрос на возобновляемый водород, вырабатываемый ветром, для легковых автомобилей будет возрастать.

Крупномасштабный зеленый водородный путь столкнет будущие энергетические системы с новыми проблемами, как на этапах планирования, так и на этапах эксплуатации. Фактически к сети будет добавлен новый гибкий спрос в виде пути преобразования энергии в водород. Этот гибкий спрос можно контролировать таким образом, чтобы большая часть доступной энергии ВИЭ вводилась в сеть. Поскольку предполагается передача больших объемов электроэнергии по существующему коридору передачи, сеть вынуждена эксплуатироваться еще ближе к пределам безопасности. Кроме того, другие факторы, такие как неопределенность спроса, рыночные, общественные и экологические ограничения, могут оказывать дополнительное давление на сеть. Следовательно, внедрение зеленого водорода в качестве новой гибкой нагрузки в энергосистемах будущего имеет свои плюсы и минусы. С положительной стороны, за счет снижения за счет хранения в виде жидкого водорода, облегчает стратегии его внедрения, а также максимизирует доход на рынке электроэнергии. Он также может предоставлять услуги балансировки сети, такие как частотное регулирование вверх/вниз.

В настоящее время существует несколько технологий накопления энергии, выступающих в качестве буфера между силовыми нагрузками и источниками питания. Этими технологиями хранения являются накопление энергии на батареях, хранение энергии на сжатом воздухе, маховики, гидроаккумулирование с насосом и хранение водорода. В то время как дисбалансы, вызванные ВИЭ, они могут лучше управляться с

экономической точки зрения и краткосрочных интервалов, сезонные и крупномасштабные колебания требуют решений для долгосрочного хранения. Водород может служить долговременным хранилищем энергии с возможностью хранения энергии в течение нескольких месяцев. Варианты долгосрочного хранения могут помочь странам со значительными сезонными различиями между спросом на электроэнергию и возобновляемыми источниками энергии. Производство электроэнергии для интеграции большего количества возобновляемой энергии в сеть [2]. Кроме того, системы имеют самое большое время разряда по сравнению с другими технологиями хранения. Кроме того, водород способствует «связке секторов», с одной стороны, между энергосистемой, а с другой – между промышленным, строительным и транспортным секторами. Объединение секторов создает дополнительные нагрузки, которые представляют собой новые рынки для водорода, произведенного из ВИЭ, способствуя интеграции высоких долей ВИЭ в энергосистему [3].

Крупномасштабное хранение водорода играет фундаментальную роль в будущей водородной экономике. Например, зеленые системы хранения водорода можно рассматривать как источник энергии для газовых турбин на основе водорода, чтобы сохранить безопасность и стабильность энергосети. Кроме того, влияние крупномасштабной интеграции зеленого водорода на безопасность напряжения и нагрузочную способность энергосистемы широко изучается [4]. Показано, что электрическая сеть столкнется с более высокой нагрузкой, поскольку крупномасштабные установки для извлечения зеленого водорода будут рассматриваться как новая электрическая нагрузка. Эта новая нагрузка еще больше ограничит доступную пропускную способность сетей передачи в условиях тяжелых нагрузок.

Как уже упоминалось выше, технология зеленого водорода является одним из основных шагов перехода энергетики к будущему с нулевым уровнем выбросов. Спрос на крупномасштабную зеленую водородную инфраструктуру, т.е. электролизеры, можно рассматривать как новый гибкий спрос, который может поглощать избыточную энергию ВИЭ. Эта гибкость может по-разному влиять на планирование и работу таких сетей, что можно рассматривать как пробел в исследованиях. Например, безопасность энергосистемы может быть скомпрометирована при наличии большого спроса на электролизеры. Следовательно, оптимальное расписание сети с учетом влияния крупномасштабного спроса на водород, а также ВИЭ является интересной темой. Для этого внедряется многопериодный оптимальный поток мощности с ограничениями по безопасности модель

оптимального суточного графика работы энергосистем в условиях проникновения крупномасштабных ВИЭ и гибкости системы [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. 272с.

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. Гашо Е.Г., Разоренов Р.Н. Возобновляемая энергетика: отечественные реализованные проекты // СОК. 2019. № 4. С. 60–73.

5. да Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико–технические основы: учебное пособие; пер. с англ. под ред. С.П. Малышенко, О.С. Попеля. Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ: 2010. 704 с.

УДК 620.9

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

Научный руководитель: Рыбина А.В., асс.

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

ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ И СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ УГЛЕРОДА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

Возможности и проблемы сокращения промышленного спроса на энергию и выбросов углекислого газа (CO₂) в энергетическом секторе оцениваются с акцентом на постоянно меняющуюся ситуацию, хотя извлеченные уроки применимы во многих промышленно развитых странах мира [1]. Данный сектор можно охарактеризовать как гетерогенный; охватывающий широкий спектр продуктов (включая передовые материалы, чистящие жидкости, композиты, красители,

краски, фармацевтические препараты, пластмассы и поверхностно-активные вещества). Он находится на границе между энергоемкими и неэнергоёмкими промышленными секторами. Потенциал улучшения различных технологических вмешательств был определен с точки зрения использования их энергии и выбросов парниковых газов. Доступные в настоящее время технологии наилучшей практики приведут к дальнейшему краткосрочному потреблению энергии и CO_2 . Экономия выбросов при переработке химических веществ, а также перспективы коммерческого использования инновационных технологий к середине 21-го века гораздо более спекулятивны. Также сообщается о наборе "технологических карт" промышленной декарбонизации до середины 21-го века, основанных на различных альтернативных сценариях. Они дают низкоуглеродные пути перехода, которые представляют собой будущие прогнозы, которые соответствуют краткосрочным и долгосрочным (2050) целям с конкретными технологическими решениями, чтобы помочь достичь ключевых целей энергосбережения и декарбонизации.

При интенсивном сценарии Россия снизит выбросы на 36% уже к 2030 году, а к 2050 году сократит их на 48%, до 1,6 млрд т эквивалента CO_2 . Углеродная нейтральность (нулевые нетто-выбросы парниковых газов) будет достигнута к 2100 году [2]. При этом Россия внесет самый значимый вклад в ограничение роста глобальной приземной температуры уровнем $1,5^\circ\text{C}$, а накопленное снижение выбросов составит 90 млрд т эквивалента CO_2 к 2050 году.

В интенсивном сценарии будут реализованы дополнительные меры:

1) Ценовое регулирование выбросов парниковых газов (налоги и сборы).

2) Создание национальной системы маркировки углеродоемких товаров и раскрытие потребителю информации о происхождении электроэнергии.

3) Создание стимулов для оснащения зданий солнечными коллекторами, фотопанелями и т.д.

4) Расширение ответственности производителей, введение утилизационных сборов, переквалификация части отходов во вторичные ресурсы.

5) Запрет сплошных рубок леса.

Содержание карт было построено на основе потенциала улучшения, связанного с различными процессами, используемыми в химической промышленности [3]. Они помогают определить шаги, которые необходимо предпринять разработчикам, политикам и другим

заинтересованным сторонам, чтобы обеспечить декарбонизацию химической промышленности. Достижение значительного снижения выбросов углерода за этот период будет критически зависеть от принятия небольшого числа ключевых технологий, например, улавливание и хранение

Мировые оценки химической промышленности были дополнены региональными. Европа или страны Европейского союза, в частности, инициировали ряд исследований энергоэффективного и низкоуглеродистого химического сектора, включая, например, исследования, спонсируемые Европейской комиссией через их Объединенный исследовательский центр, Европейский химический центр. Промышленный совет и Европейский климатический фонд использовали восходящую модель для оценки европейского химического и нефтехимического сектора. Они оценили текущее технологическое состояние 26 основных химических продуктов (включая удобрения, органические и неорганические вещества, полимеры и т.д.), а также связанное с этим секторальное использование энергии и выбросы парниковых газов до 2050 года. За этот период было установлено, что химическая промышленность будет испытывать рост потребления энергии на 39%, но снижение выбросов парниковых газов на 15% по сравнению с началом 2010-х годов. Около 50 наилучших доступных технологий, наиболее эффективные инновации, известные в настоящее время, были рассмотрены [4]. Была признана важность замены ископаемого топливного сырья устойчивыми альтернативами, такими как водород (от электролиза, приводимого в действие возобновляемыми источниками энергии) и биомасса. Две сквозные технологии [ТЭЦ, уже широко используемая в энергетическом секторе, и улавливание, и хранение углерода] были рекомендованы как имеющие потенциально значительную роль в сокращении выбросов энергии и продуктов горения в будущем [5]. Важность внесения изменений в отраслевой топливный баланс, особенно для выработки тепла и производства закиси азота (N_2O). Это снова приведет к сокращению выбросов парниковых газов примерно на 15% к 2050 году. Однако более глубокие сокращения могут быть достигнуты за счет декарбонизации энергосистемы и внедрения других средств. Оба последних варианта будут дорогостоящими и потребуют технологических прорывов. Действительно, новой особенностью исследования было сосредоточение внимания на неблагоприятных последствиях, которые затраты на энергетическую и климатическую политику. Динамика перехода в промышленности позволяет понять, что существенное сокращение выбросов парниковых газов может быть

достигнуто за счет повышения эффективности процессов и энергоэффективности, наряду с большим "круговоротом" ресурсов или сотрудничеством в цепочке создания стоимости.

Совокупные исследования химической промышленности в глобальном или региональном масштабе имеют свои ограничения. На самом деле каждая страна имеет свой собственный отличительный исторический фон, структурные характеристики (включая доступ к ресурсам) и потенциал для экономии энергии и декарбонизации. Поэтому настоящая работа направлена на то, чтобы извлечь уроки из химического сектора и его развития. 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%).

Химический сектор уже давно является крупнейшим владельцем генерирующих установок в промышленности. Большая часть генерации приходится на ТЭЦ со значительным количеством избыточной электроэнергии, экспортируемой в сеть или другие промышленные секторы. Особое внимание следует уделять «двойному подсчету» автогенерации и декарбонизации сети, а относительный вклад в декарбонизацию каждого из них следует учитывать отдельно. Технологии замещающих процессов (например, биопереработка и превращение метанола) не могут быть должным образом сопоставлены без учета переработки исходного сырья. Это связано с тем, что они заменяют как процесс крекинга потока, так и производство нефтяного сырья, например, нефть и других углеводородов [1]. Особое внимание следует также уделять моделированию выбросов, которых можно избежать за счет перехода на биомассу или сырье, полученное из биогенных отходов. В зависимости от объема анализа, фиксация углерода от роста биомассы может быть вычтена, или выбросы парниковых газов от сжигания конечного продукта могут быть приняты нулевыми. Чтобы сократить выбросы за счет переработки отходов, поток отходов должен быть отведен от деградации на свалке или сжигании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарева В.В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов // Энергетические системы: Сб. докл. II межд. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. С. 486-489.

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. Губарев А.В., Лукьянчиков С.Н. Снижение образования оксидов азота в топочных камерах конденсационных теплогенераторов // Молодой инженер - основа научно-технического прогресса: Сб. научн. тр. Межд. научно-техн. конф., 2015. С. 93-96.

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. Трубаев П.А., Губарев А.В., Гришко Б.М. Системы энергоснабжения промышленных предприятий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 199 с.

6. Завалеев И.С., Куприянова М. Выбросы парниковых газов и их взаимосвязь с выработкой энергии // СОК. 2019. № 9. С. 82-89.

УДК 621.181

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЖИДКОСТЕЙ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Теплообменники широко используются в различных тепловых системах для различных промышленных целей. Выбор теплообменников зависит от тепловой эффективности, рабочей нагрузки, размера, гибкости в эксплуатации, совместимости с рабочими жидкостями, лучшего контроля температуры и расхода, а также сравнительно низких капитальных и эксплуатационных затрат. Интенсификация теплообмена в теплообменниках может осуществляться с использованием пассивного, активного или комбинированного подходов. Использование наножидкостей в качестве

рабочих жидкостей для теплообменников появилось в последнее время [1]. Производительность теплообменников, в которых используются различные наножидкости, зависит главным образом от характеристик теплообменников и улучшения теплофизических свойств жидкости. Что касается уникального поведения различных наножидкостей, то исследователи добились заметного прогресса. В настоящем исследовании рассматриваются и обобщаются последние разработки по использованию наножидкостей в различных типах теплообменников, включая пластинчатые теплообменники, двухтрубные теплообменники, кожухотрубные теплообменники и теплообменники с поперечным потоком. Результаты показали, что наножидкости с повышенной теплопроводностью, хотя и сопровождаются значительным снижением теплоемкости и повышением вязкости, приводят к повышению производительности различных типов теплообменников. Таким образом, критерий оценки производительности, который сочетает в себе повышение температуры и увеличение мощности перекачки для любого типа теплообменников, необходим для правильной оценки общей производительности. Обсуждаются и представляются проблемы и возможности дальнейшей работы по теплопередаче и течению жидкости для различных типов теплообменников с использованием наножидкостей.

В настоящее время быстрый прогресс в тепловых технологиях различных применений теплообменников, связанных с энергосбережением и интенсификацией теплопередачи, является актуальной проблемой для ученых. Интенсификация теплопередачи может быть разделена на активные, пассивные или составные подходы, основанные на необходимости внешнего силового устройства, такого как насос или вентилятор. Активные методы интенсификации производительности могут быть реализованы либо с использованием электростатических полей, либо с помощью вибрации поверхности или рабочей жидкости, либо с помощью подачи наножидкостей вместо обычных жидкостей [2]. Однако пассивный подход использует спиральные трубы с различной геометрией, закрученные проточные устройства, обработанные, шероховатые и удлиненные поверхности и использование материалов с фазовым переходом или наночастицами. В составных системах для практической интенсификации теплообмена с использованием шероховатой поверхности с витыми лентами могут быть использованы два или более пассивных или активных индивидуальных метода синхронно. Одним из перспективных активных методов повышения теплопередачи в теплообменниках является модификация шероховатости поверхности. Синтетические

методы шероховатости поверхности включают шероховатые поверхности, эрозионно –коррозионную, V-образные канавки и квадратное ребро. Вывод высоты шероховатого элемента, размера шероховатых элементов, отношения шага к высоте и т.д. Существенно влияет на производительность теплообменного аппарата [3].

Использование обычных рабочих жидкостей в различных теплообменниках недостаточно для удаления требуемой скорости нагрева для различных применений. Добавление наночастиц или материалов с фазовым переходом в базовые рабочие жидкости, такие как газы или жидкости, относится к пассивным методам интенсификации. Наножидкости, образуемые диспергированием наночастиц в обычные теплоносители, т.е. базовые жидкости, имеют более высокую теплопроводность и высокую интенсивность тепловых характеристик. Они должны использоваться для достижения теплотехнических требований в различных областях применения, таких как опреснение воды, хранение тепла. Это, в свою очередь, обеспечивает очень перспективный подход к повышению энергоэффективности во многих отраслях при меньшем воздействии на окружающую среду. Одним из перспективных применений использования наножидкостей является использование возобновляемых и устойчивых источников энергии, которые обычно характеризуются диффузией и разбавлением, поэтому повышение конверсии энергии является одним из основных активирующих факторов.

Применение различных наножидкостей имеет интенсивный потенциал для увеличения теплопередачи теплообменников. Использование традиционных рабочих жидкостей, таких как воздух или вода, имеет низкую теплопроводность, ограничивающую скорость теплопередачи. Основными параметрами, влияющими на теплофизические свойства жидкости и, следовательно, на тепловые характеристики аппарата являются размер наночастиц и их концентрация а также другие параметры участвующие в получении наножидкостей такие как агрегация наночастиц в наножидкости, рН наножидкостей, добавление поверхностно-активных веществ [4]. Однако стабильность в базовой рабочей жидкости является критическим вопросом, влияющим на реологические и теплофизические свойства. Кроме того, для различных применений существует ряд серьезных проблем, которые следует учитывать, таких как, эрозия и обрастание. Их использование в качестве рабочих жидкостей является перспективным решением для увеличения тепловых характеристик, однако оно увеличивает падение давления

через теплообменник. Таким образом, улучшение тепловых характеристик за счет использования наночастиц относительно соответствующего перепада давления исследуется путем изучения критерия оценки производительности.

Повышение теплопроводности обычных жидкостей путем диспергирования частиц изменяет теплофизические свойства, приводит к увеличению скорости теплопередачи. Однако увеличение объемной доли, то есть концентрации, повышает вязкость, что приводит к более высокому перепаду давления и, следовательно, высокой мощности используемых насосов [5]. В последнее время теплофизические свойства наножидкости могут быть определены с помощью компьютерных средств, таких как искусственные нейронные сети, машины опорных векторов наименьших квадратов, оптимизации алгоритмов.

Гибридные наножидкости получаемые путем диспергирования двух или более материалов и приводят к более высоким теплофизическим свойствам, чем наножидкости с одним материалом наночастиц. Гибридные жидкости улучшают теплопередачу при уменьшенном перепаде давления, компенсируя преимущества и недостатки одиночных наножидкостей.

Основными преимуществами пластинчатых теплообменников являются высокая тепловая эффективность, работа при переменной нагрузке, компактность размеров, гибкость эксплуатации, совместимость с различными рабочими жидкостями, лучший контроль температуры и сравнительно низкие эксплуатационные расходы. Таким образом, чрезмерно используются в различных приложениях охлаждения/нагрева, таких как фармацевтическая, химическая, пищевая промышленность, системы кондиционирования воздуха и т.д.

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. Кузнецов В.А., Трубаев П.А. Конвективная теплоотдача пристенного слоя турбулентных газов // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 31–38.
3. Губарев А.В., Лозовой Н.М. Конструкция и варианты модернизации конденсационного водогрейного котла // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 23–30.

4. Гашо Е.Г., Разоренов Р.Н. Возобновляемая энергетика: отечественные реализованные проекты // СОК. 2019. № 4. С. 60 –73.

5. Гужов С.В., Гашо Е.Г., Шепель В.А. Составление прогнозного топливно-энергетического баланса котельной в условиях недостаточности данных // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 33–39.

УДК 621.565.93

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

ТЕПЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА И ВОДЫ И РОЛЬ МАТЕРИАЛА КОНДЕНСАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Значительное количество скрытого тепла может быть восстановлено при низких температурах из дымовых газов технологического отопительного оборудования. Однако конденсация кислот и водяных паров превращает дымовые газы в высококоррозионную среду, что является проблемой для конденсационных теплообменников. Коррозионностойкие материалы обычно дороги и/или имеют относительно низкую теплопроводность [1]. Следовательно, необходимо охарактеризовать роль теплопроводности материала теплообменника в производительности конденсационных теплообменников, что является точкой, где дальнейшее увеличение значительно не улучшает эффективность конденсации. Это относительно низкое значение теплопроводности, по сравнению с широко используемыми материалами, например, $10...15 \text{ Вт м}^{-1}\text{К}^{-1}$ для нержавеющей стали открывает потенциал использования таких материалов, как природный графит, пластмассы, полимеры и керамика (с теплопроводными добавками) для применения в конденсационных теплообменниках и рекуперации тепла/воды в промышленности. В последние несколько десятилетий существует огромная озабоченность по поводу вредного воздействия невозобновляемых энергетических систем на окружающую среду, включая изменение климата, воздействие на окружающую среду, загрязнение воздуха, а также опасения столкнуться с нехваткой энергии. Поэтому повышению стоимости и эффективности систем

возобновляемых источников энергии для замены ископаемого топлива уделяется огромное внимание. Значительная часть энергии, используемой в промышленных процессах, выделяется в окружающую среду в виде отработанного тепла (при температурах ниже 100 °С) [2]. Рекуперация и повторное использование промышленных отходов являются полезными и могут снизить потребление ископаемого топлива, выбросы парниковых газов и повысить эффективность за счет сокращения теплопотерь. Дымовой газ, образующийся при сжигании ископаемого топлива или биотоплива в оборудовании, таком как котлы, печи и печи, является одним из основных источников низкосортного отработанного тепла. Рекуперация отработанного тепла более выгодна, когда температуры находятся в диапазоне низких температур, так как большинство промышленных отходов относятся к этой категории [3].

Наличие водяного пара в дымовом газе технологического отопительного оборудования позволяет рекуперировать значительное количество скрытого тепла при относительно низких температурах наряду с чувствительной теплотой дымового газа. Объемная концентрация водяного пара в дымовых газах зависит от типа топлива, сжигаемого в технологическом отопительном оборудовании. Поскольку природный газ имеет более высокое содержание водорода и углерода по сравнению с углем и нефтью, дымовой газ сжигания на природном газе содержит более высокую концентрацию водяного пара. Он также содержит примерно на 40% меньше углеродной эмиссии по сравнению с углем; таким образом, он является перспективным кандидатом для сточных вод и скрытой рекуперации тепла. Разработана модель для оценки скорости конденсации водяного пара в дымовом газе и тепла, передаваемого из дымового газа в охлаждающую воду, и обнаружили, что их результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными. Исследованы характеристики трубчатого теплообменника из фторпластика с поточным расположением труб для рекуперации тепла и воды из дымовых газов. 80% рекуперированного тепла происходит от рекуперации скрытого тепла, в то время как доля чувствительного тепла составляет всего 20%, что ясно показывает значимость скрытой рекуперации тепла. 61,6 т/ч воды может быть потенциально восстановлено с использованием системы рекуперации тепла и воды на электростанции мощностью 600 МВт, сжигаемой на буром угле, что достаточно для запуска установки обессеривания с нулевым потреблением чистой воды [4]. Кроме того, шахматное расположение труб привело к увеличению числа Нуссельта на 50% по сравнению с их линейным расположением. Исследованы характеристики спирального пластинчатого теплообменника из

политетрафторэтилена для рекуперации тепла из влажных дымовых газов. Их результаты показали, что коэффициент теплопередачи увеличивается в два раза по сравнению с только рекуперацией тепла из дымовых газов при той же температуре. Использование систем рекуперации воды и скрытого тепла выгодно для уменьшения выброса кислых и токсичных химических веществ в окружающую среду, что помогает предотвратить кислотные дожди. Коэффициент трения и коэффициент Колберна для влажного воздуха увеличиваются с концентрацией водяного пара. Система может одновременно восстанавливать скрытое тепло и чистую воду. Эффективность рекуперации воды прямого теплообменника, такого как распылительная башня, выше, чем у косвенного теплообменника. Был сделан вывод, что температура точки росы отводимого дымового газа была выше, чем у обычного дымового газа, тем самым восстанавливая больше скрытого тепла.

Дымовые газы, образующиеся при сжигании ископаемого топлива или биотоплива, могут содержать оксиды серы (SO_x), оксиды азота (NO_x), фтористый водород (HF) и хлористый водород (HCl) в зависимости от химического состава топлива показали, что серная кислота (H_2SO_4), соляная кислота (HCl) и азотная кислота (HNO_3) конденсировались вместе с водяным паром в блоке рекуперации тепла и воды из-за того же диапазона температур точки росы этих кислых паров и водяного пара [5]. Концентрация ртути в дымовых газах на угольных электростанциях снижается на 60% при прохождении через конденсационную установку рекуперации тепла. Однако конденсация кислот приводит к коррозии в оборудовании для рекуперации тепла из-за образования серной кислоты и других агрессивных химических веществ. Поэтому конденсационные теплообменники должны быть изготовлены из материалов с высокой коррозионной стойкостью. Коррозионные исследования широкого спектра материалов, включая стали, нержавеющие стали, никелевые сплавы, алюминий, полимеры и графит, при различных температурах и концентрациях серной кислоты. Результаты показали, что никелевые сплавы 22 и 690, а также полимеры, такие как фторированный этилен пропилен, подходят для агрессивной среды даже с высокой концентрацией серной кислоты [6].

Помимо коррозионной стойкости, при выборе материала для теплообменников, рекуперирующих скрытое тепло из дымовых газов, должны быть отражены более влиятельные параметры, состоящие из тепловых свойств, обрастания, веса, методов изготовления и стоимости. Хотя пластмассы и полимеры могут использоваться для таких применений из-за их легкого веса, низкой стоимости и хороших свойств

коррозионной стойкости, их теплопроводность относительно низка. Насколько известно, в открытой литературе нет публикаций, исследующих роль теплопроводности материала, используемого для скрытой рекуперации тепла из дымовых газов.

Выбор материала играет решающую роль в производительности конденсационных теплообменников, работающих в агрессивной среде. Материалы с впечатляющими свойствами коррозионной стойкости и низкой стоимостью, такие как некоторые пластмассы и полимеры, имеют низкие тепловые свойства, которые влияют на тепловые характеристики теплообменника. В данной работе разработана новая аналитическая модель для исследования влияния теплопроводности материала труб на эффективность конденсации конденсационных теплообменников для рекуперации тепла и воды из дымовых газов. Было определено, что увеличение теплопроводности труб до значений выше $0,75 \text{ Вт м}^{-1}\text{К}^{-1}$ не приводит к значительному дальнейшему повышению тепловых характеристик установок рекуперации тепла. Однако использование материалов со значениями теплопроводности менее $0,5 \text{ Вт м}^{-1}\text{К}^{-1}$ значительно снижает эффективность системы рекуперации тепла. Это открытие открывает потенциал использования материалов, таких как природный графит, пластмассы, полимеры и керамика с теплопроводными добавками для эффективных систем рекуперации тепла и воды [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. 272с.

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. Гашо Е.Г., Разоренов Р.Н. Возобновляемая энергетика: отечественные реализованные проекты // СОК. 2019. № 4. С. 60-73.

5. да Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико–технические основы: учебное пособие; пер. с англ. под ред. С.П.

Мальшенко, О.С. Попеля. Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ: 2010. 704 с.

6. Губарева В.В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов // Энергетические системы: Сб. докл. II межд. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. С. 486-489.

7. Губарев А.В., Лукьянчиков С.Н. Снижение образования оксидов азота в топочных камерах конденсационных теплогенераторов // Молодой инженер - основа научно-технического прогресса: Сб. научн. тр. Межд. научно-техн. конф., 2015. С. 93-96.

УДК 662.7

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

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕСТНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ И БИОМАССЫ

Совместная газификация угля и биомассы становится потенциальной технологией чистого топлива для достижения высокой термодинамической эффективности при относительно низких выбросах CO₂. Уголь и биомасса уже более ста лет газифицируются исключительно для получения газообразного топлива и производства других продуктов химического производства. Совместная газификация имеет более высокую эффективность, чем одиночная газификация угля, потому что содержание лигнина в биомассе способствует воспламенению и повышению скорости газификации. Предполагается, что обширные исследования реакционной способности углерода, тепловыделения, кинетики реакции и т.д. могут способствовать снижению неопределенностей в характеристиках совместных смесей угля и биомассы. Перспективы технологии совместной газификации обсуждаются с учетом обилия сортов угля и биомассы. Пригодность существующих процедур газификатора и их ограниченными рабочими параметрами, такими как температура, время сгорания, плотность и т.д.

Мировой спрос на энергоносители растет благодаря развитию многих стран. Управление энергетической информации сообщило, что спрос на энергию будет продолжать расти быстрыми темпами до 2025 года. Ожидается, что большая часть этого увеличения произойдет в

развивающихся экономиках Азии, включая Китай и Индию [1]. Проблемы изменения климата предполагают, что растущий спрос на энергию должен соответствовать сокращению выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в экологически чистом виде. Учитывая текущую глобальную ситуацию, нет единого источника энергии, который мог бы удовлетворить потребности в энергии. Поэтому в последнее время большой интерес проявился к совместной газификации угля и биомассы в системах газификации с псевдооживленным слоем из-за благоприятных эксплуатационных характеристик. Совместная переработка всех видов отходов рассматривается различными исследователями во всем мире, что говорит о том, что совместная газификация выглядит более привлекательным вариантом, чем совместное сжижение или совместный пиролиз [2].

Газификация угля началась в 1800-м веке, и многие разработки заявлены в последние 200 лет, и с тех пор уголь рассматривается как потенциальное сырье для газификации для получения синтез-газа и жидкого топлива [3]. Биомасса более обильно распределена по земле и имеет преимущество перед другими возобновляемыми источниками. Кроме того, биомасса является четвертым по важности источником энергии после угля, нефти и природного газа и в настоящее время удовлетворяет более 10% мировых потребностей в энергии. Прогнозируется, что биомасса и различные виды отходов могут способствовать одной трети глобального спроса на первичную энергию к 2050 году. Однако газификация биомассы имеет некоторые ограничения из-за ее внутренних свойств, таких как высокое содержание влаги, низкая теплотворная способность, высокое содержание водорода, гигроскопичность, низкая плотность, что делает ее более важной при транспортировке, хранении и подготовке к газификации. Хотя газификация угля это хорошо зарекомендовавшая себя технология, очень мало информации о совместной газификации угля и биомассы. Совместная газификация угля и биомассы представляется привлекательной технологией для производства тепла, энергии, жидкого и газообразного биотоплива с использованием синтез-газа. С этой точки зрения, основное внимание было уделено оценке эффективности совместной газификации угля и биомассы и производительности процесса из-за большего содержания неорганических веществ, влияющих на конверсию углерода. Опыт крупномасштабной газификации угля и биомассы может быть использован для эффективной переработки угля, а биомасса - для совместной переработки, особенно с учетом высокого и нестабильного

содержания влаги для получения синтез-газа оптимальной тепловой и экономической компетентности [4]. Высокотемпературный метод газификации воздуха/пара для древесных отходов подчеркнул, что увеличение температуры смесей азота и кислорода с $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ускоряет процесс конверсии, в основном из-за раннего начала быстрой сушки, но также и из-за увеличения скорости. Обширные исследования были проведены несколькими исследователями, чтобы найти значение совместной газификации различных смесей биомассы и угля.

Проекты совместной газификации рассматриваются в рамках альтернативных технологий чистого угля, поскольку он оказывает сравнительно меньшее воздействие на окружающую среду, чем тепловые электростанции. Однако применяются эффективные методы, такие как использование газифицированных остатков/донной золы в производстве кирпича или дорожного материала, а также другие варианты утилизации. Остаток обычно содержит хлор, тяжелые металлы, пластмассы, жиры, тип используемого катализатора или добавки, которые необходимо очистить в последующем потоке. Продукт газификации биомассы и высокзолного угля включает в себя различные виды токсичных компонентов, таких как монооксид углерода, он очень опасен для здоровья человека, так как он имеет тенденцию соединяться с гемоглобином крови и, таким образом, препятствовать поглощению и распределению кислорода в организме. Поэтому во время пуска, выключения не должно допускаться утечек, и, следовательно, выпускаемый газ должен выпускаться в контролируемых условиях. Кроме того, другие токсичные газы, такие как SO_x и NO_x , должны быть отделены от газа-производителя перед утилизацией. Гудрон из реактора, а также в газе продукта также токсичен и экологически опасен. Совместная газификация обычно проводится при высокой температуре, и, таким образом, поверхность оборудования обычно горячая и нуждается в изоляции для снижения риска ожогов. Газ продукта содержит значительную долю водорода и существует риск взрыва. Однако пиролизические газы в системе подачи могут смешиваться с воздухом и вызывать взрыв [5].

Донная зола и остатки представляют опасность для сельскохозяйственных угодий. Зола не способствует экологическим проблемам, если ее можно утилизировать должным образом. Однако утилизация токсичного смолосодержащего конденсата из большого количества газификаторов может иметь нежелательные экологические последствия. Предполагается, что при совместной газификации почти весь углерод в сырье превращается в синтез-газ.

Спрос на энергию, особенно на углеводороды и другие топливные газы, повсеместно растет в связи с быстрым промышленным, экономическим ростом и ростом численности населения. Следовательно, растущий спрос на энергию должен быть удовлетворен за счет конденсированных загрязняющих веществ и низких выбросов парниковых газов. Газообразный продукт, полученный в результате совместной газификации угля и биомассы, может обеспечить возможность получения чистой электроэнергии с более высокой эффективностью. Однако существует необходимость в разработке усовершенствованного газификатора, пригодного для совместной газификации угля и различных видов биомассы, с дополнительной насадкой, используемой для улавливания углекислого газа и других газов [6]. Негорючие захваченные и отделенные газы могут быть использованы для производства химикатов и могут быть закачаны в близлежащие геологические формации для повышения добычи метана, газа и нефти из угольных пластов. Несколько исследователей высказали мнение, что тип газификатора, качество сырья, их соотношение смешивания, рабочие температуры, газифицирующие, время пребывания и эффективность катализатора контролируют состав газов продукта и, следовательно, общую производительность выделенной системы выработки электроэнергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонов Е.С., Трубаев П.А. Исследование влияние состава биогаза на свойства факела // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 183-189.
2. Безруких П.П. Справочник ресурсов возобновляемых источников энергии России и местных видов топлива. Показатели по территориям. М.: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2007. 272с.
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. Гашо Е.Г., Разоренов Р.Н. Возобновляемая энергетика: отечественные реализованные проекты // СОК. 2019. № 4. С. 60-73.
5. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Расчет совместного сжигания биогаза и RDF топлива // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 173-182.

6. 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.

УДК 620.97

Драпак А.С.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В современном мире все большее внимание уделяется вопросам экологии, истощению природных (не возобновляемых) ресурсов.

Потребление ископаемого топлива значительно возросло за последние полвека, примерно в восемь раз с 1950 года и примерно в два раза с 1980 года. Ископаемые виды топлива (уголь, нефть, природный газ) играли и продолжают играть доминирующую роль в глобальных энергетических системах.

Но они также имеют некоторое количество негативных последствий. При сжигании они производят углекислый газ (CO₂) и являются крупнейшим фактором глобального изменения климата. Загрязнение воздуха может оказывать негативное воздействие на человека в виде аллергии, болезней или даже которое, по оценкам, ежегодно приводит к миллионам преждевременных смертей. Оно также оказывает неблагоприятное воздействие на животных и растения, а также на всю экологическую систему в целом.

Чтобы решить данную проблему большинство стран поэтапно переходят на возобновляемые источники энергии, но в России и некоторых других странах их внедрение происходит весьма медленно в связи с некоторыми причинами:

- 1) относительно низкие цены органического топлива;
- 2) не ведется учет экологического вреда, принесенного использованием традиционного (не возобновляемого) топлива;
- 3) малое финансирование в исследованиях нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НиВИЭ);
- 4) отсутствие поддержки государством в виде беспроцентных кредитов и дотаций.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это естественные источники энергии, существующие в биосфере нашей планеты и

постоянно пополняющиеся за счет энергии солнца и естественных процессов. Они не являются плодом прямой человеческой деятельности, что отличает их от невозобновляемых источников [1].

Использование возобновляемых источников энергии не добавляет дополнительной энергетической нагрузки, не ведет к повышению температуры на Земле. Экологически они безотходны, не загрязняют окружающую среду [2].

Основными достоинствами возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является неисчерпаемость, а также экологическая чистота.

На сегодняшний день возобновляемой энергии подразделяются на традиционные и нетрадиционные

К традиционным можно отнести:

1) гидравлическая энергия воды, преобразуемая в электрическую энергию посредством действия гидросилового оборудования, установленного на энергетической станции;

2) геотермальная энергия, являющаяся результатом поглощения солнечной энергии минералами, находящимися в недрах земли, а также естественного гниения;

3) энергия биомассы, получаемая в результате сжигания дров, древесного угля, а также торфа.

К нетрадиционным относят энергию [3]:

1) солнца;

2) ветра;

3) низкопотенциальных тепловых источников;

4) биотоплива.

Ресурсы НиВИЭ в России довольно велики. Только их потенциал, предназначенный для первоочередного использования, составляет в общей сложности 273.5 млн. т.ут. / год. (Малая гидроэнергетика 60...65, геотермальная энергия 110...120, энергия биомассы 30...40, ветровая энергия 10...15, солнечная 10...17, тепло низкого потенциала 32...40 млн. т.ут. /год). Однако доля использования НиВИЭ незначительна (составляет менее 1%) и составляет приблизительно 1.5 млн. т.ут. / год.

Биоэнергетика. Данная отрасль энергетики специализируется на производстве энергии из биотоплива. Применяется в производстве, как электрической энергии, так и тепловой. Существует три способа получения тепловой энергии при использовании энергии биомассы: сжигание её продуктов, брожение биомассы, извлечение из неё спиртов и газов в виде энергоносителей путем пиролиза.

Биоэнергетика – это отрасль энергетики, специализирующаяся на выработке тепловой и электрической энергии из биоресурсов. Данный тип топлива получают в ходе переработки биологических отходов. На

данный момент уже существует третье поколение биотоплива, которое получают в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. Одним из них является жидкое биотопливо для автомобильных двигателей.

Пиролиз биомассы позволяет получать более качественное топливо. Власти Германии рассчитывают в скором времени получать 20% бензина методом пиролиза. Представители Америки и 15 стран Европы создали исследовательскую организацию, что является показателем, насколько перспективно данное направление.

Проводятся работы по изучению и производству биотоплива, получаемого из искусственно выращенных водных растений.

Ветроэнергетика. Старым, наиболее знакомым источником ВИЭ является ветер [7]. Примерами его применения знакомы каждому: начиная от парусных судов, ветряных мельницах, до крупных электростанций.

Основным вопросом ветроэнергетики является превращение кинетической силы ветра в механическую энергию, тепловую, а также электрическую. Существует большое разнообразие ветряных генераторов различной мощности, зависящей от площади, охватываемой лопастями турбины, а также их размеров. Лидером, производящим ветрогенераторы является фирма Vestas из Дании, их генераторы достигают в высоту более 110 метров [4].

Для эффективной работы и эффективного улавливания мощных воздушных потоков, ветрогенераторы удобнее всего устанавливать либо в открытом море, либо недалеко от побережий. На расстоянии более 10 километров от берега возводят на сваях огромные ветроэлектростанции. Они потребляют крайне малое количество традиционного топлива. Аппарат работает при диапазоне скоростей ветра от 2 м/с до 30 м/с, оптимальной скоростью считается 15 м/с. Определенный диапазон скоростей является одним из недостатков системы.

Высокая стоимость оборудования, а также необходимость выделения огромных площадей под застройку ветряных электростанций является существенным недостатком этого вида получения электричества, превышающая затраты в угольной энергетике. Шум и инфразвук, который издают работающие турбины, крайне негативно переносятся людьми, вынужденными жить по соседству с ними.

Однако, по объемам вырабатываемой электроэнергии, ветроэнергетика занимает второе место после гидроэнергетики. Её значимая роль признается всем миром [5].

Использование ВИЭ в виде ветрогенераторов и солнечных панелей решает проблемы связанные с доставкой электроэнергии в отдаленные, труднодоступные районы Севера [9]. А их экологическая чистота, позволяет использовать эти виды ВИЭ в густонаселенных регионах с неблагоприятной окружающей средой.

Солнечная энергетика. Основным и главным источником всех жизненных процессов, происходящих на планете Земля является Солнце. Оно также относится к нетрадиционным ВИЭ [8]. Энергия Солнца может в неограниченных объемах преобразовываться в электрическую или тепловую энергию. Область науки и производства, которая занимается этим, называется солнечная энергетика (гелиоэнергетика) [4].

Революционные изменения в сферах строительства, теплоснабжении, а также обеспечения домов горячей водой ждет при использовании солнечных панелей и коллекторов.

Солнечная энергия дает возможность эффективно использовать ресурсы, значительно уменьшая расходы на получение горячей воды и отопление. Гелиоколлекторы – наиболее эффективные на данный момент аппараты по использованию энергии солнца. Например, солнечные панели используют всего 12...20% солнечной инсоляции, в то же время коэффициент полезного действия солнечных коллекторов может достигать до 85%.

Использование солнечных коллекторов в настоящее время начинает прогрессивно расти как в России и за рубежом для обеспечения горячей воды и в различных системах. Ежегодная экономия при использовании солнечных коллекторов позволяет экономить до 90% традиционных источников энергии.

Энергетика низкопотенциальных тепловых ресурсов. Одним из наиболее перспективных, экологически «чистых» и повсеместно доступных источников низкопотенциальной тепловой энергии для систем теплоснабжения зданий и сооружений является тепло верхнего слоя земной поверхности.

Земляной слой представляет из себя некое хранилище, так называемый аккумулятор энергии безмерной емкости. Формирующийся температурный режим грунта, за счет солнечного излучения, на глубинах до 20 м зависит от сезонных условий региона, дальше которого он не доступен воздействию колебаниям температуры на поверхности [6].

Основными источниками тепловой энергии могут служить грунтовые воды, а также земляной грунт. Однако содержание тепла земли общем случае более. Факторами, влияющими на температурный

режим земли в основном, считается радиогенное тепло недр, а также солнечная энергия, аккумулируемая в грунте. Изменение солнечного излучения и окружающей температуры, в течение суток, а также в течение года вызывают изменения температуры поверхностных слоев грунта. Зависимость суточных колебаний температуры грунта от температуры окружающей среды и значения солнечной инсоляции меняется от нескольких сантиметров до 2 метров

Ниже глубины 20 м так называемой «нейтральной зоны» температура грунта формируется в основном только радиогенным потоком тепла выделяющегося при распаде радиоактивных элементов, содержащихся в недрах Земли. Она практически не связана с сезонными колебаниями температур, а более того суточных изменений характеристик наружного климата (рис. 5). По мере увеличения глубины от поверхности грунт меняет свою температуру. С увеличением глубины температура грунта возрастает пропорционально геотермическому градиенту. В среднем его величина возрастает на 3 °С на каждые 100 м. Значение интенсивности потока радиогенного тепла, действующего из земных недр, зависит от географического расположения местности. В Европе это значение составляет в пределах 0,05...0,12 Вт/м².

При энергообеспечении с использованием возобновляемых источников энергии затрачивается гораздо меньше первичного топлива, чем при энергоснабжении с использованием традиционных тепло- и электрогенерирующих установок, и как следствие, происходит выброс меньшего количества вредных веществ, пагубно влияющих на экологическую обстановку населенных пунктов. Также, применение систем тепло- энергоснабжения на их основе позволит создавать автономные центры вдали от систем централизованного энерго и теплоснабжения [9, 10]. Что является необходимостью в масштабах территории Российской Федерации, где основной проблемой является крайне неравномерное распределение энергии по площади страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. М.: ИП РадиоСофт, 2008. 228 с.
2. Удалов, С.Н. Возобновляемая энергетика. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. 607 с.
3. Гашо Е.Г., Разоренов Р.Н. Возобновляемая энергетика: отечественные реализованные проекты // СОК. 2019. № 4. С. 60-73.

4. Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико–технические основы: учебное пособие; пер. с англ. под ред. С.П. Мальшенко, О.С. Попеля. Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ: 2010. 704 с.

5. Юдаев И.В., Даус Ю.В., Гамага В.В. Возобновляемые источники энергии. СПб.: Лань, 2020. 328 с.

6. Рекомендации по оценке эффективности систем сбора низкопотенциального тепла грунта для целей теплоснабжения зданий / Д.Ю. Хромец, Г.П. Васильев, С.А. Сидорцев, А.В. Спиридонов. М.: Стройиздат, 1988. 16 с.

7. 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.

8. 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.

9. Жильцов С.А. Теоретические основы управления проектами в области энергоснабжения удаленных потребителей на базе возобновляемых источников энергии // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 220-228.

10. 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.

УДК 620.95

Драпак А.С.

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

БИОТОПЛИВО КАК БОЛЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД ТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИКЕ

В последнее время биотопливо приобрело значительное значение в связи с ограниченными запасами нефти, энергетической безопасностью и растущими экологическими проблемами из-за растущего изменения климата и выбросов парниковых газов [1].

Биотопливо относится к любому топливу, полученному и произведенному из органического материала, такого как растения и их остатки, сельскохозяйственные культуры, побочные продукты, которые могут быть адекватной заменой топливу, полученному из нефти. Сегодня, с развитием передовых технологий, наблюдается значительное увеличение спроса на энергию, что приводит к чрезмерному потреблению ископаемого топлива. Поэтому возобновляемая энергия считается возможной заменой и приобретает все большее значение во всем мире в связи с ее социальными, экономическими и экологическими последствиями. Идея использования биотоплива возникла на протяжении веков. Ранее в истории человечества биологические материалы использовались для производства энергии. Но из-за легкой доступности, экономически обоснованной причины человечество продолжило использовать ископаемое топливо вместо растительных ресурсов в качестве источников энергии.

Биотопливо можно использовать в качестве топливных добавок или в чистом виде. Кроме того, биотопливо обычно классифицируется на биоэтанол и биодизельное топливо [2]. Жидкое биотопливо может быть использовано в качестве альтернативного источника обычных видов топлива в транспортном секторе, на долю которого приходится примерно 18% потребления первичной энергии. Сегодня примерно 80% жидкого биотоплива производится в биоэтаноле, а остальное – с помощью биодизельного топлива. Биотопливо отличается от других видов нефтяного сырья содержанием кислорода. У них уровень кислорода колеблется от 10% до 45% по сравнению с нефтепродуктами, у которых их нет. Биотопливо также имеет более низкие уровни серы и азота по сравнению с источниками нефти. На рис. 1 приведены статистические данные пяти ведущих стран с высокими выбросами углекислого газа за 2009–2019 годы. Увеличение выброса углекислого газа является угрожающим сигналом тревоги, который продолжает расти, как это может вызвать серьезные угрозы. В сентябре 2015 года был сделан важный шаг по внедрению концепции устойчивого развития Цели, после которых многие страны выдвинули аналогичные цели, такие как США, которые планировали использовать 20% биотоплива вместо топлива для автомобильного транспорта в течение года 2022. Биотопливо может быть произведено различными методами, включая биологические, химические и физические методы.

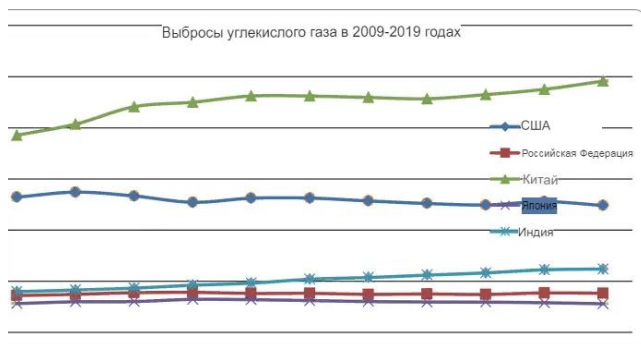


Рис. 1 Лидирующие страны по выбросам углекислого газа

В данной статье рассматриваются и сравниваются различные стратегии производства биотоплива и делается вывод об их надежности по сравнению с традиционными видами топлива. В нем рассматривается целесообразность и эффективность использования биотоплива первого, второго и третьего поколений и проводится сравнение между ведущими странами по уровню энергопотребления и методам его снижения. Наконец, в документе обсуждаются некоторые экономически эффективные методы производства биотоплива с точки зрения будущего. Классификация биотоплива –

Жидкое биотопливо относительно классифицируется на основе исходного сырья, используемого для его производства. В зависимости от исходного сырья они классифицируются следующим образом [3]:

1. Биотопливо первого поколения. Биотопливо первого поколения получают в основном из кормовых культур животных или других пищевых продуктов. В этом производстве биотоплива используются различные известные технологии и процессы, включая ферментацию, дистилляцию и переэтерификацию, благодаря чему это биотопливо также рассматривается как "обычное биотопливо". Процесс в основном сосредоточен на производстве только топлива, а остальная часть нетопливных веществ выбрасывается как отходы; в результате в этих методах не требуются мембраны.

2. Биотопливо второго поколения. Биотопливо второго поколения полностью производится из непищевого сырья, такого как специальные энергетические культуры и другие лигноцеллюлозные растения, сельскохозяйственные отходы, лесные отходы и другие отходы [4]. По сравнению с производством биотоплива первого поколения, второе поколение представляет собой усовершенствованный метод, который фокусируется как на увеличении утилизации топлива, так и на

производстве вторичного сырья. В отличие от процесса первого поколения, он фокусируется на производстве ценного топлива и снижении общей стоимости энергии и количества отходов производства, что делает его экономически целесообразным методом. По этим причинам исследователи обычно используют такие методы, как мембранная фильтрация и интеграция различных биоочистителей, для повышения выхода биотоплива. Различные мезофильные и термофильные организмы используются как в периодических, так и в непрерывных реакциях для получения биотоплива, органических кислот и аминокислот.

3. Биотопливо третьего поколения. Биотопливо третьего поколения получают из микроводорослей путем переэтерификации или гидроочистки водорослевого масла. Эти методы могут эффективно увеличить выход биотоплива в год по сравнению с биотопливом первого поколения, использующим традиционные культуры. Биотопливо второго и третьего поколений все еще находится в стадии разработки и научно-исследовательского прогресса, и, следовательно, в совокупности они считаются передовым биотопливом. Первичные источники включают в себя осуществимые ресурсы, которые не влияют на пищевую цепочку и являются осуществимыми, легкодоступными и гибкими в отношении параметров окружающей среды. Этими источниками в основном являются микроводоросли, животные масла, рыбий жир, отработанное растительное масло, животный жир и т.д. Другим значительным достижением является потенциал снижения загрязнения воды и загрузки мусороперерабатывающего завода.

4. Биотопливо четвертого поколения. Биотопливо четвертого поколения перерабатывается с использованием генетически модифицированных (ГМ) водорослей и фотобиологических солнечных топлив. Биомасса ГМ-водорослей эффективна для производства биотоплива, повышения эффективности фотосинтеза и увеличения проникновения света. Солнечное сырье четвертого поколения широко доступно, экономически дешевле и неисчерпаемо. Генетическая модификация биомассы микроводорослей имеет потенциальное применение в методологии извлечения масла путем индуцирования аутолиза клеток и систем секретирования продуктов.

5. Виды биотоплива. Далее биотопливо классифицируется в соответствии с биомассой, используемой для его производства. Это

Твердое биотопливо. Это биотопливо состоит из твердой органической, не ископаемой биомассы биологического происхождения. Эти биомассы находят значительное применение в производстве тепла, энергии и электроэнергии. Это биотопливо

производится из древесного угля, топливной древесины, древесных гранул, древесных остатков, отходов животноводства и других возобновляемых промышленных отходов [9].

Жидкое биотопливо. Эти виды биотоплива включают все виды жидкостей, полученных из природной биомассы или биоразлагаемой фракции. Жидкое биотопливо обладает многими преимуществами по сравнению с твердым и газообразным биотопливом из-за их высокие плотности энергии, что делает его идеальным для транспортировки, хранения и модернизации. Некоторые из основных примеров жидкого биотоплива первостепенной важности включают биоэтанол, биодизельное топливо и био-масло. Далее жидкое биотопливо можно классифицировать как [5]:

1. Биотопливо на основе триглицеридов – к ним относятся биомасса, такая как растительное масло, пиролитическое масло, биодизельное топливо, гидрогенизированное масло и биобензин.

2. Биотопливо на основе лигноцеллюлозы – к ним относится сырье для биотоплива, такое как био-масла, наряду с дизельным топливом и биотопливом для сброса.

Газообразное биотопливо [6, 7]. Газообразное биотопливо имеет газообразную природу с низкой плотностью. Некоторые из важных примеров-биогаз, биоводород и биосингаз. Биоотходы преобразуются в газообразное биотопливо путем пиролиза или газификации. Позже это биотопливо используется в двигателях, подключенных к электрогенератору для производства электроэнергии или тепла [8].

В наше время производство биотоплива постоянно растет. Учитывая тенденции и данные, очевидно, что производство биотоплива из съедобных источников является более перспективным, экономически жизнеспособным и стабильным источником, чем по сравнению с несъедобными растительными источниками и источниками микроводорослей. Эффективность производства биодизельного топлива зависит от стандартных процедур, применяемых при производстве и переработке, а также от достижений в области добычи нефти. Ферментативная, биохимическая и переэтерификация технологии могут заменить традиционные методы производства биотоплива и являются более экологичными и безопасными.

Одним из существенных ограничений производства биотоплива является его влияние на взаимосвязь энергии, воды и продовольствия. Растущий спрос и использование биотоплива развили прямую конкуренцию с мировыми продовольственными, энергетическими и водными ресурсами и потребляют много земель.

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. 272с.

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. Гашо Е.Г., Разренов Р.Н. Возобновляемая энергетика: отечественные реализованные проекты // СОК. 2019. № 4. С. 60-73.

5. да Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико–технические основы; пер. с англ. под ред. С.П. Малышенко, О.С. Попеля. М.: Издательский дом МЭИ: 2010. 704 с.

6. 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.

7. Суслов Д.Ю. Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственного предприятия с использованием биогаза // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 183-186.

8. Леонов Е.С., Трубаев П.А. Исследование влияние состава биогаза на свойства факела // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 183-189.

9. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Расчет совместного сжигания биогаза и RDF топлива // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 173-182.

УДК 621.311.22

Драпак А.С.

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

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭЦ

В последние годы наблюдается быстрый рост возобновляемых источников энергии, чему способствует энергетическая политика, направленная на декарбонизацию энергетической системы и, таким

образом, способствующая смягчению последствий изменения климата. Энергетический переход от традиционных энергетических систем, основанных на ископаемом топливе и ядерной энергии, к устойчивым энергетическим системам требует интеграции крупномасштабных возобновляемых источников энергии с переборами. По этой причине будущие энергетические системы должны опираться на концепцию “умной энергетической системы”, основанную на интеграции нескольких энергетических секторов.

В частном случае сектора отопления и охлаждения его интеграция с сектором электроэнергетики позволяет использовать доступные технологии, такие как тепловые насосы или комбинированные теплоэлектростанции (ТЭЦ).

Для достижения крупномасштабной интеграции развертывание тепловых сетей, признанное экономически эффективным способом обезуглероживания энергетической системы, становится основополагающим.

В европейском контексте сектор отопления и охлаждения недавно был признан приоритетным для достижения целей декарбонизации. На долю этого сектора приходится половина энергопотребления в ЕС, он характеризуется низкой эффективностью и большим количеством отработанного тепла [1].

Хотя есть возможности для повышения энергоэффективности, особенно в европейском жилом и третичном секторах, необходим целостный подход к энергетической системе, означающий вышеупомянутую интеграцию различных секторов, таких как транспорт, электроэнергетика и сам сектор отопления. Это позволяет не только оценить все потенциальные варианты будущей устойчивой энергетической системы, но и оценить ее осуществимость и выявить узкие места в эксплуатации. Одним из таких узких мест является недостаточная гибкость энергосистемы с высокой долей переменных возобновляемых источников энергии. Основываясь на этом подходе, изучение взаимосвязи сектора отопления и электроэнергетики имеет первостепенное значение, учитывая размер сектора отопления, с одной стороны, и возможность их увязки для интеграции большего количества возобновляемых источников энергии с помощью различных решений в области тепловой энергии, с другой стороны.

Среди других преимуществ, эта связь может обеспечить хранение тепловой энергии, широко признанной в качестве ключевой технологии, позволяющей декарбонизировать энергосистемы. Непиковая электроэнергия может использоваться для нагрева воды в резервуарах для хранения для выполнения ежедневного переключения

нагрузки. По сравнению с накоплением электрической энергии, накопление тепловой энергии в 100 раз дешевле с точки зрения инвестиций на единицу емкости хранилища, что делает его привлекательным решением для повышения гибкости и максимального использования доступных источников энергии.

Комбинированные теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые могут достигать общей эффективности до 90%, являются важными элементами этой связи. Они были признаны в ЕС наиболее эффективным способом получения полезной энергии из источников энергии, работающих на ископаемом топливе.

Однако, несмотря на такую высокую эффективность, интеграция ТЭЦ в энергетические системы с высокой долей возобновляемых источников может привести к негативным последствиям без наличия накопителей тепла, что приведет к снижению общей эффективности системы [2]. Обязательства по удовлетворению заданного спроса на тепло снижают гибкость работы ТЭЦ и ограничивают интеграцию источников ВИЭ. По этой причине тепловое хранение является не только привлекательным решением, но и необходимым для создания гибких энергетических систем.

Использование ТЭЦ и тепловых хранилищ с помощью сетей централизованного теплоснабжения нового поколения может даже максимально увеличить потребление как электроэнергии, так и тепла. Эти новые сети централизованного теплоснабжения, также известные как системы централизованного теплоснабжения 4-го поколения и характеризующиеся низкими температурами (30-70 °C), облегчают интеграцию нескольких источников энергии, даже с низким качеством с точки зрения эксергии. Ожидается, что переход на эти новые ТЭЦ произойдет в течение 2020-2050 годов.

Снижение температуры позволяет ТЭЦ извлекать тепло на поздней стадии процесса расширения в паровой турбине, уменьшая количество теряемой электроэнергии и, следовательно, повышая общую эффективность ТЭЦ.

Подводя итог, комбинированные теплоэнергетические технологии в сочетании с эффективными сетями централизованного теплоснабжения и конкурентоспособными тепловыми накопителями закладывают основу для создания более гибких и эффективных энергетических систем [3]. Все эти возможности могут полностью раскрыть потенциал централизованных тепловых сетей, которые в настоящее время составляют лишь десять процентов от общего объема теплоснабжения во всем мире, но с большими различиями между странами.

В литературе ряд исследований по оптимальной работе ТЭЦ был сосредоточен на минимизации затрат на энергосистему. В рамках этого подхода некоторые авторы работали над проверкой различных математических подходов с использованием методов линейного, смешанного линейного или нелинейного программирования независимо от качества производимого тепла и его адекватности для удовлетворения конкретных применений тепла. Другие авторы изучили термозкономические аспекты эксплуатации ТЭЦ для оптимизации их работы, такие как температура и давление входного потока пара и скорости массовых потоков с точки зрения энерго-и энергоэкономического подхода.

В определенной степени, и движимая развитием современных тепловых сетей, которые допускают широкий диапазон рабочих температур, эта работа фокусируется на обоих аспектах: минимизации затрат энергосистемы, включая когенерированное тепло, и анализе качества тепла на основе требований к температуре со стороны спроса. Такой подход позволяет более тщательно проанализировать преимущества, получаемые от низкотемпературных тепловых сетей при эксплуатации ТЭЦ. Таким образом, цель данной работы состоит в том, чтобы представить метод совместной оптимизации и анализа работы комбинированной системы электроснабжения и отопления с тепловым накоплением при различных допущениях энергетического рынка и тепловых требованиях [4].

Этот метод основан на подробной модели краткосрочной эксплуатации крупномасштабных энергосистем, и результаты представлены и обсуждены с помощью комплексного сценарного анализа тематического исследования.

Способ оценки выгоды, полученной от преобразования существующих паротурбинных установок в комбинированную теплоэнергетику завод, был представлен в этой работе [5]. Этот метод основан на модели единичных обязательств, которая включает в себя характеристики отопления, позволяющие оценивать различные допущения, такие как цены на энергоносители, различная доля установленных мощностей для набора энергетических технологий и эксплуатация ТЭЦ. Способность метода увязывать оптимизацию энергетической системы с температурой тепла, подаваемого ТЭЦ, является ценным активом для оценки различных видов использования тепла, таких как новые системы централизованного теплоснабжения 4-го поколения. характеризуется низкими температурами эксплуатации и вытекающими из этого преимуществами.

Метод был опробован в небольшой энергетической системе, которая предоставляет возможности для подачи тепла путем перевода существующих паротурбинных установок в комбинированный режим работы теплоэнергетики [6].

Результаты показывают, что преобразование в комбинированную теплоэлектростанцию приводит к повышению эффективности энергетической системы, которая в противном случае ограничивается до 50% [7]. Этот эффект зависит от более высокой эффективности ТЭЦ до 90% для некоторых рабочих точек. Однако развертывание ТЭЦ может помешать использованию возобновляемых источников энергии, что приведет к сокращению использования возобновляемых источников энергии [8]. Представленный анализ показывает, что этот негативный эффект может быть смягчен за счет гибкости, обеспечиваемой тепловым хранением [9]. Однако существует компромисс между одновременной интеграцией высоких ТЭЦ и высоких ВИЭ.

Анализ различных альтернативных затрат на тепло показывает, что ТЭЦ могут конкурировать с затратами порядка 10 евро/МВтч. Однако при такой низкой стоимости использование ТЭЦ уменьшается, а, следовательно, и преимущества, предоставляемые вариантами теплового хранения.

С точки зрения эксплуатации ТЭЦ низкая температура извлечения приводит к повышению эффективности и снижению затрат. Затем, чем ниже требуемая температура, тем лучше для эффективности системы, но при этом увеличивается количество ВИЭ, сокращаемое на 1%, когда температура извлечения увеличивается с 60 до 120 °С, если рассматриваются сценарии с высоким уровнем ВИЭ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарева В.В. Некоторые экологические аспекты утилизации вторичных энергоресурсов / Рациональное природопользование как фактор устойчивого развития: сб. докл. Междунар. научн. -практ. конф. Белгород, Изд-во БГТУ, 2014. С. 186-192.

2. Овчинников Ю.В., Григорьева О.К., Францева А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебное пособие. Новосибирск: НГТУ, 2015. 258 с.

3. Носач В.Г. Термохимическая регенерация теплоты в циклах тепловых установок // Промышленная теплотехника. 1981. Т. 3. № 6. С. 60-64.

4. Губарева В.В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 486-489.

5. 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.

6. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 304 с.

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.

8. Гушин С.В., Семиненко А.С., Шень Ч. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 31-43.

9. Абакумов Р.Г., Унежева В.А., Страхова А.С. Анализ системных проблем жилищно-коммунального хозяйства города Белгорода и применение зарубежного опыта развития инновационной деятельности в системе жилищно-коммунального хозяйства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 226-234.

УДК 621.31

Дудко К.С.

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

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ И МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Распределительные электрические сети напряжением 6-10 кВ являются разветвленными, поэтому установка систем накопления электроэнергии (СНЭ) в любых точках таких сетей позволит изменить потоки мощности по всем ветвям, значения которых зависят от мест установки накопителей. Учитывая высокую стоимость СНЭ, малоцелесообразно их устанавливать во всех точках распределительной

сети, поскольку они не самокупаются даже за весь период использования [2]. Исходя из этого, более рациональным решением будет выбор минимального количества точек для установки СНЭ. Таким образом, актуальной является задача выбора места установки накопителя электроэнергии для обеспечения нормативного качества электрической энергии во всей сети при минимальных значениях характеристик данного устройства.

Для решения поставленной задачи необходимо рассмотреть два основных предназначения применения накопителя электроэнергии, указанных в ГОСТ Р 58092.3.1-2020 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ)». Первое – это применение СНЭ для выравнивания пиков нагрузки, второе – применение для регулирования напряжения в сети.

В данной работе рассматриваются варианты выбора оптимальных параметров и мест установки накопителя по условию увеличения доступной мощности технологического присоединения и по условию поддержания заданного напряжения в наиболее «проблемном» узле сети.

Целью разработки алгоритма определения параметров и мест установки системы накопления электроэнергии для выравнивания пиков нагрузки и регулирования напряжения в распределительной сети, позволяющей снизить энергоемкость и мощность накопителя, заключается в выборе оптимального места для его установки. Для достижения поставленной цели необходимо провести математическое описание методики выбора параметров [5].

Удобно рассмотреть решение данной задачи на примере графика суточного потребления активной мощности потребителями, электроснабжение которых осуществляется от трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ.

Для суточного графика нагрузки можно выделить два интервала времени, соответствующих режимам заряда и разряда СНЭ. Режим накопления энергии определяет емкость накопительного элемента в структуре СНЭ и продолжается на интервале времени ночного минимума. Режим разряда, определяющий ток разряда накопительного элемента и мощность преобразователя в структуре СНЭ, продолжается на интервале дневного максимума [3].

Разработанный алгоритм выбора параметров и мест установки систем накопления электроэнергии в распределительной сети для выравнивания пиков нагрузки заключается в последовательном выполнении этапов, представленных на (рисунке 1).

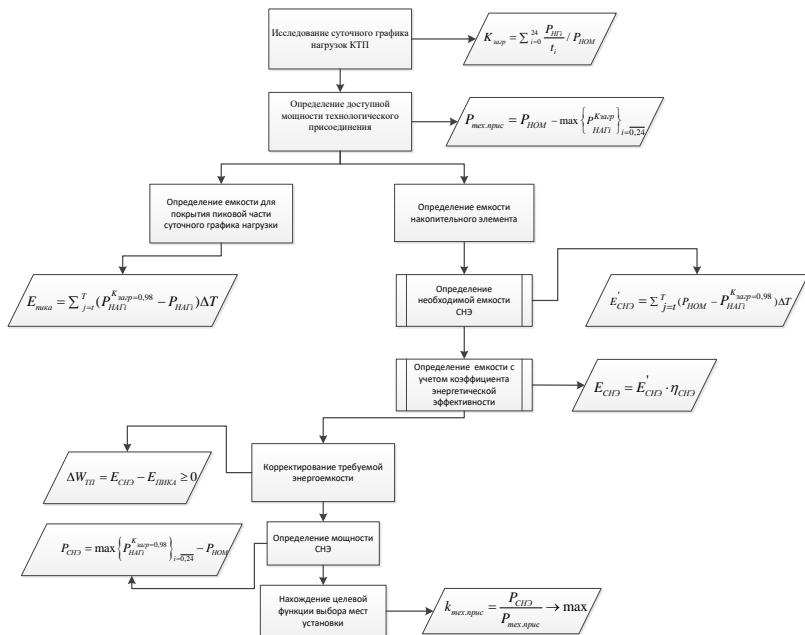


Рис. 1 Блок-схема алгоритма выбора мест установки и параметров СНЭ в распределительной сети по условию увеличения доступной мощности технологического присоединения

Выбор мест установки и параметров СНЭ, согласно алгоритму, представленному на (рисунке 1), можно условно поделить на 6 этапов:

1. Исследование суточного графика нагрузки для каждой трансформаторной подстанции (ТП) и определение коэффициента загрузки трансформатора для каждой из этих ТП;
2. Определение доступной мощности технологического присоединения при рассчитанном коэффициенте загрузки трансформатора для каждой ТП;
3. Определение необходимой емкости СНЭ и емкости пиковой части суточного графика нагрузки;
4. Корректировка требуемой энергоемкости, полученное значение которой подтвердит, что емкости СНЭ будет достаточно, чтобы выровнять пиковую нагрузку;
5. Определение мощности СНЭ;
6. Нахождение целевой функции выбора места в сети, где установка СНЭ для выравнивания пиков нагрузки наиболее рациональна.

Значительная неравномерность суточных графиков нагрузки и наличие постоянно меняющейся нагрузки приводит к медленным изменениям напряжения в точках распределительной электрической сети. Обычно задачу регулирования напряжения в распределительных электрических сетях решают через распределение в сети оптимальной реактивной мощности по условию уменьшения потерь активной мощности [6, 7]. Однако не все распределительные сети загружены реактивной мощностью, поэтому компенсация реактивной мощности оказывает незначительный регулирующий эффект по напряжению ввиду низкого значения коэффициента реактивной мощности. Альтернативным вариантом повышения напряжения в распределительной сети является поддержание напряжения в наиболее «проблемном» узле сети, что влияет на результирующие уровни напряжения во всей сети [4].

Выбор параметров и мест размещения СНЭ в распределительной сети с целью поддержания напряжения в наиболее «проблемном» узле сети и улучшения напряжения во всей сети также условно поделим на 4 этапа:

1. Определение требуемой емкости накопителя, которая определяется продолжительностью максимума нагрузки в точке сети;
2. Определение необходимой мощности СНЭ для регулирования максимума нагрузки в точке сети;
3. Определение коэффициента поддержания заданного напряжения для точки сети, характеризующего изменение напряжения относительно номинального значения в точке, а также влияние на напряжение в других точках сети;
4. Нахождение целевой функции, по которой выбирается целесообразное место установки СНЭ в точке сети.

Разработанный алгоритм выбора параметров и мест установки систем накопления электроэнергии в распределительной сети с целью поддержания напряжения в наиболее «проблемном» узле сети и улучшения напряжения во всей сети, представлен на (рисунке 2).

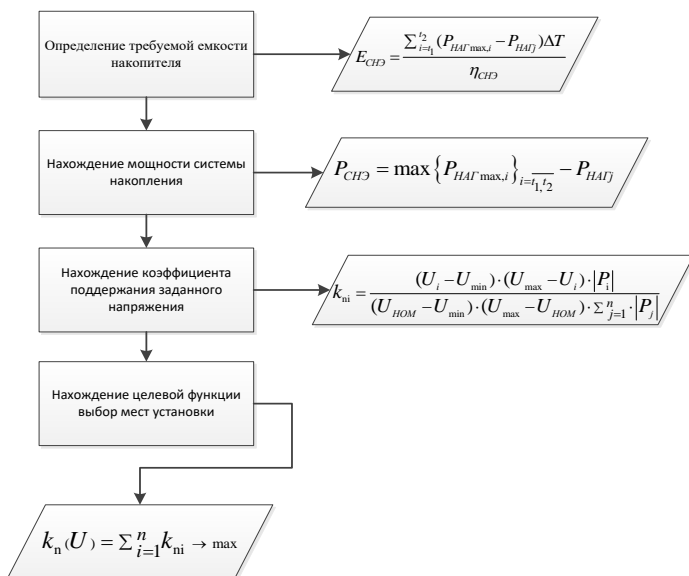


Рис. 2 Блок-схема алгоритма выбора мест установки и параметров СНЭ в распределительной сети по условию поддержания заданного напряжения в наиболее «проблемном» узле сети

Таким образом, в данной статье был разработан алгоритм выбора параметров и мест установки систем накопления электроэнергии в распределительных электрических сетях, целью которого является выравнивание пиков нагрузки и регулирование напряжения. Выбор параметров и места установки СНЭ с целью выравнивания пиков нагрузки производится по условию увеличения доступной мощности технологического присоединения. При регулировании напряжения, выбор необходимых параметров и мест установки производится по условию поддержания заданного напряжения в наиболее «проблемном» узле сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 32144 – 2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
2. Бахтеев К.Р. Повышение эффективности функционирования систем централизованного и автономного электроснабжения путем

комплексного применения электрохимических накопителей энергии, малой генерации и форсировки возбуждения синхронных машин: дис. ... канд. тех. наук. Казань, 2019. 190 с.

3. Мурашев Б.А. Лекция информационного курса «Цифровая трансформация в электросетевом комплексе» по теме «Системы накопления электроэнергии» / Б.А. Мурашев. – М.: Департамент по развитию «Россети Центр», 2019. – 28 с.

4. Лукутин Б.В., Шандарова Е.Б. Способы снижения расхода топлива дизельных электростанций // Научное обозрение / Технические науки. 2014. № 1. С. 237-238.

5. Применение систем накопления энергии – новая ступень технологического развития систем электроснабжения. М.: Изд-во ООО «Системы накопления электроэнергии», 2019. 29 с.

6. Авербух М.А. Минимизация потерь мощности при несинусоидальных режимах в высоковольтных рудничных сетях / М.А. Авербух, А.В. Погорелов, Д.А. Прасол // Промышленная энергетика. – 2018. – № 7. – С. 38–46.

7. Авербух, М.А. О потерях электроэнергии в системах электроснабжения индивидуального жилищного строительства / М.А. Авербух, Е.В. Жилин // Энергетик. – 2016. – № 6. – С. 54–57.

УДК 621.316

Дьяков Д.Ю.

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

ОДНОФАЗНЫЕ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РУДОДОБЫВАЮЩЕГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Для систем электроснабжения рудодобывающих промышленных предприятий в настоящее время, как правило, используются сети среднего напряжения 6-10 кВ, а наиболее распространенной схемой электроснабжения является схема с изолированной нейтралью [1]. Одной из основных проблем таких систем считается наличие однофазных замыканий на землю (ОЗЗ), являющихся наиболее распространенным видом повреждения, на который приходится порядка 70-90% всех повреждений в электроэнергетических системах (ЭЭС). В связи с этим возникает необходимость в проведении расчетов

токов ОЗЗ с учетом характерных особенностей устройства ЭЭС промышленных предприятий для обеспечения соответствующих мер защиты и предотвращения перетекания ОЗЗ в аварийный режим короткого замыкания (КЗ) [2].

ОЗЗ представляет собой вид повреждения, при котором одна из фаз трехфазной системы замыкается на землю или на элемент электрически связанный с землей в системах с изолированной нейтралью. Схема замещения сети с изолированной нейтралью представлена на (рисунке 1).

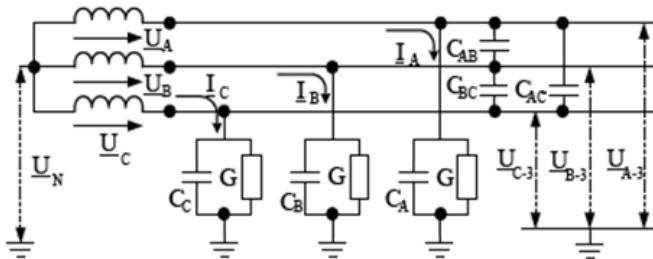


Рис. 1 Схема замещения сети с изолированной нейтралью

В нормальном режиме в каждой фазе протекает небольшой емкостной ток, обусловленный равномерно распределённой емкостью фаз:

$$I_{C0} = \omega \cdot C \cdot U_{\phi}. \quad (1)$$

Сумма токов I_{C0} трёх фаз равна нулю, т.е. никакого тока в земле не протекает. В случае замыкания на землю одной фазы, например, С, емкость этой фазы шунтируется, при этом напряжение в повреждённой фазе уменьшается до нуля, а в неповрежденных возрастает до линейного, т.е. увеличивается в $\sqrt{3}$ раз и тогда емкостной ток в неповрежденных фазах:

в фазе А равен:

$$I_A = \sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot \omega \cdot C; \quad (2)$$

в фазе В равен:

$$I_B = \sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot \omega \cdot C. \quad (3)$$

Ток I_C , то есть векторная сумма I_A и I_B :

$$I_C = 3 \cdot U_\phi \cdot \omega \cdot C. \quad (4)$$

Исходя из этого, в сравнении с штатным функционированием, проходящий через место замыкания в землю ток ОЗЗ равен утроенному значению емкостного тока фазы С, а токи через емкости на поврежденных фазах при металлическом ОЗЗ фазы С увеличиваются в 3 раза [3]. Этот ток проходит через емкостные связи сети с землей, определяемые кабельной сетью, а также емкостной проводимостью на землю иных элементов сети – прежде всего обмотками понижающих трансформаторов и двигателей.

Вследствие вышесказанного, величина емкостного тока ОЗЗ I_{OC} в практических расчетах находится сложением емкостных токов присоединений всей электрически связанной сети $I_{OC.л}$ с учетом распределительных устройств и двигателей напряжением выше 1 кВ, относящихся к данной сети [4]:

$$I_{OC} = \left(\sum_{i=1}^n I_{OC.л} + \sum_{i=1}^m I_{OC.д} \right) \cdot K_{py}, \quad (5)$$

где K_{py} – коэффициент, учитывающий, за счет емкости оборудования распределительных устройств, увеличение емкостного тока ОЗЗ электрической сети, $K_{py} = 1,0-1,1$ для воздушных и кабельных линий напряжением 6-10 кВ [4].

Наибольшую емкостную проводимость, и соответственно наименьшее сопротивление связи с землей, имеют кабели. Емкостной ток ОЗЗ для кабельных линий определяется по формуле:

$$I_{OC.л} = \frac{U_{ном} \cdot l}{n}, \quad (6)$$

где n – емкостной коэффициент, $n = 10$, если в электрической сети преобладают кабели сечением выше 70 мм² и $n = 6-7$ для всех остальных сечений; l – длина кабельной сети, км.

Для протяженных и разветвленных кабельных сетей, характерных для промышленных предприятий, значения токов ОЗЗ могут достигать многих десятков ампер, что представляет достаточно высокую опасность в связи с вероятностью поражения персонала током в месте ОЗЗ. Также длительное сохранение режима ОЗЗ, вызывающего значительные перенапряжения, приводит к быстрому износу изоляции

проводников и чревато массовыми множественными повреждениями в старых кабельных сетях.

Емкостной ток ОЗЗ отдельных электродвигателей [5]:

$$I_{\text{ОЗД}} = 2\sqrt{3} \cdot \pi \cdot f \cdot C_{\text{д}} \cdot U_{\text{ном}}, \quad (7)$$

где $C_{\text{д}}$ – емкость одной фазы статора двигателя, определяемая по справочным данным для синхронных и асинхронных двигателей [5], $f_{\text{ном}}$ – номинальная частота питающей сети, $f_{\text{ном}} = 50$ Гц.

Кроме того, важно учитывать, что основной особенностью современных электрических сетей промышленных предприятий является наличие единичных мощных электроприемников с нелинейной нагрузкой. Так, значительная доля установленной мощности электроприемников, используемых в рудодобывающем производстве – это приводы электродвигателей подъемных машин, нагнетателей воздуха, мельниц, компрессоров и насосов технологического назначения. Характерный узел нагрузки рудодобывающего предприятия представлен на (рисунке 2).

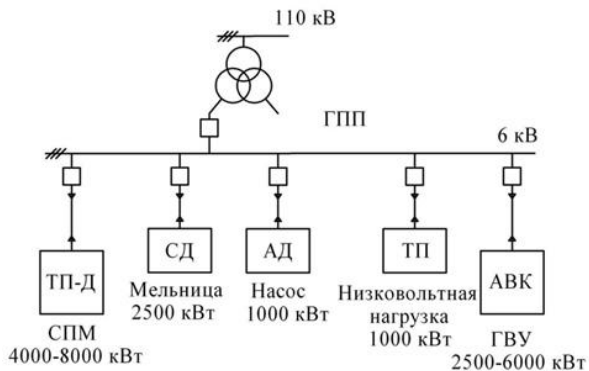


Рис. 2 Характерный узел нагрузки рудодобывающего предприятия

К основным электроприемникам таких предприятий относятся:

1. Электроприводы подъемных установок мощностью 4000-8000 кВт, выполненные по схеме тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока (ТП-Д).

2. Электроприводы переменного тока вентиляторов главного проветривания на базе асинхронных двигателей с фазным ротором,

собранных по системе асинхронно-вентильных каскадов (АВК) мощностью 2500-6000 кВт.

3. Электроприводы компрессоров, дробильных комплексов, насосов на базе асинхронных двигателей с прямым пуском или синхронных двигателей с тиристорным регулятором возбуждения мощностью 1000-2500 кВт.

Применение подобной силовой преобразовательной техники приводит к генерированию в сеть высших гармонических составляющих, что в свою очередь увеличивает токи ОЗЗ [1]. При практических расчетах ВГ учитываются только гармоники кратные трем, так как они оказывают наибольшее влияние на величину токов ОЗЗ [4].

Учет высших гармоник кратных трем осуществляется по формуле:

$$I_{Ci} = \sqrt{I_{0c}^2 + I_{и.н=3}^2}, \quad (8)$$

где $I_{и.н=3}$ – суммарный ток искажения гармоник кратных трем, определяемый по формуле:

$$I_{и.н=3} = \sqrt{\sum_{i=1}^{3n} I_i^2} = \sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + I_{21}^2 + I_{27}^2 + I_{33}^2 + I_{39}^2}, \quad (9)$$

Значения токов высших гармонических составляющих кратных трём не зависят от режима однофазного замыкания, они одинаковы как в нормальном режиме работы, так и при однофазных замыканиях, а их величина может увеличивать емкостные токи однофазного замыкания на землю в несколько раз [1].

Таким образом, в электрических системах 6-10 кВ рудодобывающих промышленных предприятий из-за наличия протяженных кабельных линии и мощных электроприемников с нелинейными нагрузками величины токов ОЗЗ могут достигать значений, превышающих установленные нормы 30 А [6]. Токи ОЗЗ в таких сетях с большей вероятностью могут перейти в многофазные КЗ, которые приводят к большим изменениям и колебаниям режимных параметров ЭЭС, вызывающих повреждение оборудования, отключение и погашение большого числа электроприемников, что в масштабах больших производств сопровождается серьезными экономическими последствиями. Точные результаты расчетов токов

ОЗЗ с учетом особенностей схемы, установленного оборудования и характера нагрузок позволят повысить уровень защиты ЭЭС и увеличить надежность и безопасность усложняющихся в настоящее время электроэнергетических систем промышленных предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авербух, М.А. Анализ электромагнитной совместимости сети высокого напряжения горнорудного предприятия / М.А. Авербух, Д.А. Прасол // Энергетик. – 2018. – № 2. – С. 36–41.

2. Авербух, М.А. Минимизация потерь мощности при несинусоидальных режимах в высоковольтных рудничных сетях / М.А. Авербух, А.В. Погорелов, Д.А. Прасол // Промышленная энергетика. – 2018. – № 7. – С. 38–46.

3. Боева, Л. В. Имитационная модель однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью / Л.В. Боева, Г.Ю. Киселёв // Молодой ученый. – 2017. – № 22 (156). – С. 26-30. – URL: <https://moluch.ru/archive/156/44183> (дата обращения: 12.05.2022).

4. Корогодский, В.И. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ / В.И. Корогодский, С.Л. Куженев, Л.Б. Паперно. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 315 с.

5. Дударев, Л.Е. Автоматизация и оптимизация режимов электрических систем и приводов / Л.Е. Дударев, Н.М. Лукьянцев. – Донецк: ДПИ, 1971. – 232 с.

6. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 февраля 2016 года. – Москва: КноРус, 2016. – 487 с.

УДК 621.311

Дьякова А.К.

***Научный руководитель: Беловодская И.И., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

USE OF SOLAR ENERGY

In this article we will consider the use of such a non-traditional source of electricity as solar energy and its emergence in modern development in this field.

Production of energy from traditional sources taking into account the increasing need for it has detrimental effect on the ecological state of the planet. Thermal power plants that emit huge amounts of carbon dioxide in the operation process, causing the greenhouse effect that leads to global warming. Emissions of sulfur oxides and nitrogen are sufficiently large even if there are expensive treatment facilities. In conjunction with atmospheric moisture, these oxides cause acid rain, leading to loss of forests, reduction of fish stocks, decrease in soil fertility. In the acidic water the solubility of heavy metals and their compounds, which can enter into the drinking water, increase. Even more dangerous and unpredictable nuclear power plants emit into the atmosphere about 26 tons of radioactive waste per day. Besides, there is a high risk of accidents at nuclear power plants that could be a disaster for all mankind. All this causes a fair concern among environmentalists. That's why the development possibilities of using renewable and clean sources of energy is a major task of scientists. One of the most popular was to get energy is the conversion of sunlight.

Solar energy is the direction of alternative energy, based on the direct use of solar radiation to produce energy in any form. Solar power uses an inexhaustible source of energy and is environmentally friendly, that is not generating hazardous waste. Nowadays solar power has the broadest prospects. Sun is an almost inexhaustible source of renewable clean energy that sustains life on Earth. The amount of solar energy incident on the Earth's surface exceeds the energy of this week the world's reserves of oil, gas, coal and uranium combined.

Conversion of solar energy into heat and electricity work

The Sun is a giant star having a diameter of 1 392 thousand km. Its mass is $(2 \cdot 10^{30} \text{ kg})$ 333 thousand times that of the mass of Earth and the volume is 1.3 million times the volume of Earth. Sun's chemical composition is: 81.76 % hydrogen, 18.14 helium, 0.1% nitrogen. The mean density of the Sun is 1400 kg/m^3 . Inside the Sun thermonuclear reaction of hydrogen into helium every second and 4 billion kg of matter is converted into energy radiated by the sun into space as electromagnetic waves of different lengths.

People use solar energy since ancient times

Solar energy can be converted to thermal, mechanical and electrical energy and used in chemical and biological processes. Solar installations are used in heating cooling systems in residential and public buildings, processes occurring at low medium and high temperatures. They are used to produce hot water, desalinating sea water or brackish water, drying materials and agricultural products,

Solar energy can be converted into electricity by solar power with equipment designed to capture solar energy and its serial conversion into heat

and electricity. For efficient operation of solar power plants heat accumulator and automatic control system is required.

Capture and conversion of solar energy into heat is made by means of an optical system of reflectors and receiver concentrated solar energy used to produce steam or heat gas or liquid metal coolant (working fluid).

Arid and desert zones are the best places to organize solar power plants.

Conversion efficiency of solar energy into electrical energy equal to 10% is sufficient to use only 1 % of the desert zones to accommodate the solar power plants to provide a modern world power level [2, p. 26].

Solar Power

Solar power plant is engineering construction which serves to convert solar radiation into electrical energy. Methods for the conversion of solar radiation are different and depend on the design of the power plant.

Principle of operation of modern solar power

Principle of operation of modern solar power is based on the collection of concentrated solar energy using mirrors and reflection of sunlight on receivers that collect solar energy and convert it into heat. This thermal energy can be used to produce electricity through a steam turbine or heat engine which drives a generator.

Generating electricity from the sun has long been used throughout the world. The main task of the scientists at the moment is the need to improve existing technologies so much as possible to increase their efficiency.

Production of electricity from solar energy is the theme is very topical and interesting for many countries in today's time. Small solar power can provide electricity to homes, businesses public buildings and retain wealth deep underground. Large solar energy stems are able to produce an unlimited number of electricity and contribute to development of electric power industry worldwide.

Photovoltaic cells are named in the scientific environment as solar cells are devices of semiconductor materials and are used for generating electricity. Photovoltaic cells come in different sizes, shapes and volumes. They often combined together in photovoltaic modules, and modules is combined in photovoltaics. Photovoltaics is the simplest converter of solar energy into electrical energy that does not require additional equipment or devices. Photocells, despite the small efficiency high wear, because it does not contain moving parts. Nevertheless, their wide distribution prevents still high cost and the need for a large arca for placement. These difficulties are partially Pteroma by the removal of converters in space, placing solar panels on the roofs and walls of buildings, replacement converters synthetic metal, etc. For small amounts of energy needed to supply, such as calculators, televisions, lighthouses, phones, the use of photocells quite economically justified. Solar

battery may be installed on the roof of the car, on the wings of the plane, built into watches, laptop, flashlight. Serve items such a long time (about 30 years). During this period one element of which is consumed for the production of just one kilogram of pure silicon will give the amount of electricity equi to the amount of electricity produced from 100 kg of oil at the power plant or 1 kg of enriched uranium us a nuclear plant

Photovoltaic (PV) components, PV modules and devices convert sunlight into electrical energy. Concept of photovoltaic power generation or from solar energy can literally be described as light and electricity

First mentioned about this concept in 1890 as photovoltaic is photoelectric and two parts "photo", derived from the Greek word for light and the "voltage" associated with the name of Alessandro Volta who is the pioneer in the field of electricity. Photovoltaic materials and devices which convert light energy into electrical energy, were discovered by the famous French physicist Edmond Becquerel in 1839.

Becquerel was able to open the process of using sunlight to produce an electric current by means of a solid material. But it took that took over half a century that scientist have been able to really understand the process and know that the photoelectric or photovoltaic effect only cause certain materials capable of converting lite energy into electrical energy at the atomic level.

Today photovoltaic systems have become an important part of our everyday life. Mini solar plants applied to provide power from small appliances and fixtures used in everyday life, such as calculators, watches or charger for your cell phone. More complex used for communications satellites, water pumps, street lighting plumbing appliances and machines in some homes and workplaces. Many road and traffic signs also now works with the help of photovoltaic cells or modules.

The suns can be used as on Earth, and in space. Terrestrial solar power plants should be built in areas as close as possible to the equator whith many sunny days. Currently, solar energy is economically feasible to use for hot water appliances such as seasonal sports and recreational facilities, recreation centers, housing estates as l for heating indoor and outdoor swimming pools.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдулагатов И.М., Алхасов А.Б. Преобразование солнечной энергии в электрическую с использованием во вторичном контуре сверхкритического цикла//Теплоэнергетика.1988. №4. С. 53-56.
2. Саламов А.А. Солнечные электростанции электростанции в энергетике мира//Теплоэнергетика. 2000. №1. С. 79-80

3. 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.

4. Тарнижевский Б.В. Состояние и перспективы использования НВИЭ в России// *Промышленная энергетика*. 2002. №1. С. 52-56.

5. Кузнецов В.А. Мутновская геотермальная электростанция// *Электрические станции*. 2002. №1. С. 31-35.

УДК 551.594.223

Дьякова А.К.

Научный руководитель: Беловодский Е.А., ст. преп.

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

ШАРОВАЯ МОЛНИЯ КАК ИСТОЧНИК АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

Несмотря на то, что мы в большинстве случаев сейчас используем традиционную энергетику, не стоит забывать об альтернативной. Многие ученые в нашем мире изучают различные направления альтернативной энергетики, одним из таких направлений является преобразование энергии из шаровой молнии

Особенностью такой энергетики является, что она не изобретена человеком, энергией молнии обладает сам земной шар с момента появления планеты.

В настоящее время данной энергетикой стали все больше интересоваться. Связано это с тем, что получение тепла и электроэнергии традиционными методами значительно негативнее влияет на окружающую среду и в отличие от альтернативной энергетики считаются исчерпывающими источниками энергии, что является важнейшей проблемой человечества.

Шаровая молния – это одиночная ярко светящаяся относительно стабильная небольшая масса, которая наблюдается в атмосфере, плавающая в воздухе и перемещающаяся вместе с потоками воздуха, содержащая в своем теле большую энергию, исчезающая тихо или с большим шумом типа взрыва и не оставляющая после своего исчезновения никаких материальных следов кроме тех разрушений, которые она успела натворить. Обычно возникновение шаровой молнии

– Экологичное выработка энергии, так как при преобразовании энергии волн не выделяются выбросы газов и не загрязняет почву и океан

– . Способность производить большое количество электричество без дополнительных затрат

– Способность производить большое количество электричество без дополнительных затрат

Недостатки энергетики

– Полезная энергия только при наличии молнии, в спокойной среде не может производить полезную энергию.

– требует начальных больших капиталовложений.

– требует высококвалифицированный персонал

Таким образом можно сказать, что реакторы и аккумуляторы, работающие на основе шаровой молнии, будут намного энергетически выгоднее. Они имеют огромное преимущество по многим характеристикам. Их применение повысит часть производства энергии из альтернативных источников, что кардинально изменит ситуацию на рынке электроэнергетики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдулагатов И.М., Алхасов А.Б. Преобразование энергии в электрическую с использованием во вторичном контуре сверхкритического цикла//Теплоэнергетика.1988. №4. С. 53-56.

2. Саламов А.А. Геотермические электростанции в энергетике мира//Теплоэнергетика. 2000. №1. С. 79-80

3. 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.

4. Тарнижевский Б.В. Состояние и перспективы использования НВИЭ в России// Промышленная энергетика. 2002. №1. С. 52-56.

5. Доброхотов В.И. Использование геотермальных ресурсов в энергетике России. Теплоэнергетика. 2003. №1. С.2-11.

6. Алхасов А.Б. Повышение эффективности использования геотермального тепла// Теплоэнергетика. 2003. №3. С.52-54.

Захарчук А.А.

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

ОЦЕНКА БИОГАЗА И СИНТЕЗ-ГАЗА КАК ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ БИОМАССЫ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ

Исследования, производство и использование возобновляемых источников энергии приобрели важное значение в транспортном, промышленном и строительном секторах в ответ на достижение устойчивого развития [1]. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), возобновляемая энергия определяется как энергия, полученная в результате природных процессов, которые пополняются с более высокой скоростью, чем потребляются. Таким образом, возобновляемая энергия может быть классифицирована в соответствии с источником, используемым для ее производства. В 2015 году 8,9% мирового спроса на энергию было обеспечено за счет использования биоэнергии, тогда как около 10,35% было обеспечено другими формами возобновляемой энергии. Высокая доля биоэнергии в мировых поставках была достигнута благодаря растущему интересу к использованию биомассы в качестве сырья для получения жидких и газообразных энергетических векторов с различными применениями через химические, биохимические, термохимические и каталитические пути.

На промышленном уровне важнейшими носителями жидкой энергии являются биоэтанол и биодизель. Эти жидкие перевозчики имеют хорошо зарекомендовавший себя рынок в транспортном секторе, и их реализация путем смешивания с бензином и дизельным топливом для сокращения выбросов парниковых газов (ПГ) была успешной [2]. Кроме того, газообразные энергетические векторы, такие как биогаз и синтез-газ, могут быть использованы для отопления и охлаждения, а также для производства электроэнергии. Эти энергетические потребности получают с помощью двух конкурентных процессов: анаэробного сбраживания (АД) и газификации.

Биогаз и синтез-газ имеют сходное применение с точки зрения производства энергии. Они имеют различные компоненты топлива, требования к газоочистке и теплотворную способность. Кроме того, их

применимость и условия производства могут варьироваться в зависимости от типа биомассы.

Лигноцеллюлозная биомасса — это самое доступное сырье на Земле для производства биотоплива, в основном этанола. Она состоит из углеводных полимеров (целлюлоза, гемицеллюлоза) и ароматического полимера (лигнин), является обильным возобновляемым ресурсом, который может быть использован для производства биогаза. Газ, производимый анаэробным сбраживанием лигноцеллюлозных материалов, богат CH_4 и имеет энергетическую ценность выше $22,6 \text{ МДж/м}^3$. Сырой биогаз по своей энергетической ценности может заменить 0,65 литра сырой нефти. Это содержание энергии, сообщаемое для сырого биогаза, значительно варьируется в зависимости от типа лигноцеллюлозного материала из-за различных энергетических свойств, а также соотношений С/Н и С/О.

Биометан, как возобновляемое топливо, имеет более значительные экологические преимущества, чем природный газ. Существенной разницы в использовании биометана и природного газа с технической точки зрения нет из-за схожих свойств. Фактически, большинство технологий, используемых для производства тепла, пара, а также электроэнергии, могут использовать биометан как источник энергии. Кроме того, современные технологии отопления обладают высокой гибкостью к использованию биометана, биогаза и, даже, синтетического природного газа. Однако, в зависимости от применения этих газообразных энергетических векторов, некоторые примеси должны быть удалены для достижения газа с приемлемой теплотворной способностью и свойствами горения [3].

Технология газификации биомассы (рисунок 1) уже изучена и внедрена в последние годы для производства энергии [4].

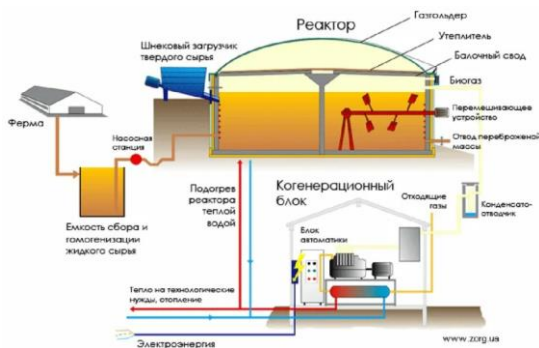


Рис. 1 Технология газификации биомассы (www.zorg.ua)

Однако обновленный интерес к этой технологии был вызван использованием лигноцеллюлозной биомассы (например, лесного хозяйства и древесных остатков) в качестве сырья, которое в сочетании с технологиями предварительной обработки (например, уплотнение) может быть способно производить энергию в низких масштабах, а также продукты с добавленной стоимостью [5]. В процессе газификации образуются побочные продукты, такие как смолы и уголь, а также зола. Они производятся в небольших количествах при использовании технологии газификации. Однако существуют и другие термохимические процессы, такие как пиролиз и торрефикация, которые производят синтез-газ и уголь. Различия между этими процессами, как термохимическими путями переработки биомассы, заключаются в условиях эксплуатации и количествах синтез-газа, би-масла и угля, которые получаются.

Синтез-газ является основным продуктом, получаемым путем газификации невозобновляемых и возобновляемых источников энергии, таких как уголь и лигноцеллюлозная биомасса, соответственно. Процесс газификации определяется как термохимическая конверсия углеродистых материалов в частично окисленной среде для получения угля, смол и смеси газов, состоящих из H_2 , CO , CO_2 , и CH_4 , а также другие низкомолекулярные углеводороды. Эта смесь газов является горючей, и ее можно использовать в производстве электроэнергии и химическом производстве. Производство тепла и электроэнергии из синтез-газа в комбинированных теплоэнергетических системах, широко известных как когенерационные системы, не рассматривается как технология преобразования. Напротив, это рассматривается как процесс, который позволяет получать полезную энергию из синтез-газа посредством термодинамических циклов. Эти процессы когенерации обычно используют оборудование, такое как турбины, компрессоры, генераторы, котлы и теплообменники, которые стратегически расположены для получения высокой энергоэффективности.

Биогаз и синтез-газ — это два источника энергии, которые могут быть использованы для производства тепла и энергии для удовлетворения различных энергетических потребностей. Однако использованию биогаза, полученного из лигноцеллюлозной биомассы, уделяется больше внимания, чем производству синтез-газа с использованием этих видов сырья. Это можно объяснить тем, что синтез-газ традиционно используется для производства продуктов с добавленной стоимостью в химической промышленности с использованием угля в качестве основного сырья. Кроме того, различия,

связанные с их теплотворной способностью, говорят о том, что биогаз лучше для достижения высокой выработки энергии. Тем не менее, общие инвестиционные затраты и общие эксплуатационные расходы на производство биогаза выше, чем на синтез-газ. Поэтому тщательный отбор этих энергетических векторов должен быть выполнен с учетом энергетических потребностей и экономических вопросов. Наконец, можно отметить, что как синтез-газ, так и биогаз станут фундаментальной частью энергетического рынка в ближайшем будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Singh R., Krishna B. B., Mishra G., Kumar J., Bhaskar T. Strategies for selection of thermo-chemical processes for the valorisation of biomass // *Renewable Energy*. 2016. No 98. С. 226-237. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.023>
2. Мохсин Р., Маджид З.А., Шихнан А.Х., Шарер З. Влияние биодизельных смесей на производительность двигателя и выбросы выхлопных газов для дизельного двухтопливного двигателя / *Energy Convers Manag* // Выпуск 88 2014 г., с. 821-828.
3. Баги З., Акс Н., Бейти Т., Какук Б., Рахей Г., Стрэнг О. и др. Биометан: цель по хранению энергии, разработке химических веществ и сокращению выбросов парниковых газов / *Анаэробе* // Выпуск 46 2017 г., с. 13-22
4. Rezaian J., Cheremisinoff N.P. *Gasification Technologies*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2005. 331 с.
5. Мацакас Л., Гао К., Янссон С., Рова У. Экологически чистая переработка твердых бытовых отходов в топливо и химикаты [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2017.01.004>
6. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. Расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2017. № 7. С. 97-99.
7. Сулов Д.Ю., Темников Д.О. Тепловой баланс биореактора с барботажным перемешиванием биомассы // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2015. № 1. С. 182-185.
8. Леонов Е.С., Трубаев П.А. Исследование влияние состава биогаза на свойства факела // *Энергетические системы*. 2020. № 1. С. 183-189.

УДК 691.322

Захарчук А.А.

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

УЛУЧШЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНА С ПОМОЩЬЮ NANO-SiO₂

Значительный прирост населения в мире привел к беспрецедентному росту потребления традиционных видов топлива, сопровождающемуся существенным увеличением загрязнения окружающей среды в результате промышленной и человеческой деятельности [1]. Статистика показывает, что одна треть мирового потребления энергии является результатом деятельности человека внутри зданий [2]. Теплопроводность является влияющим фактором в передаче тепла между стенами и крышами зданий. Таким образом, теплоизоляторы являются существенным средством, способствующим снижению теплопередачи и уменьшению аспектов эксплуатационной энергии устройств, используемых для отопления и охлаждения, значимой и необходимой вещью. Известно, что необходимо утеплять здания для снижения тепловой нагрузки и сокращения использования отопительных и охлаждающих устройств. Использование бетона с низким коэффициентом теплопроводности и высокой теплоемкостью является хорошим выбором при строительстве домов, жилых и промышленных объектов [3].

Нанотехнологии работают, чтобы внести свой вклад в научные и глобальные разработки в ближайшие годы, и эта технология также позволяет нам контролировать движение атомов индивидуально и с высокой точностью и перестановкой, что дает нам возможность строить любой материал. Нанотехнологии были использованы в бетоне и цементе [4] для улучшения их свойств путем добавления материалов, которые придают им новые и отличительные свойства, которые могут увеличить долговечность. С экологической точки зрения производство цемента является сильно загрязняющим видом деятельности, который способствует выбросам CO₂ в атмосферу, а замена части цемента кремнеземом влияет на тепловые свойства и воздействие на окружающую среду.

Нанопорошок диоксида кремния SiO₂ - то белый, без запаха порошок диаметром от (20-30) нанометров (рисунок 1). Этот материал считается наиболее изготавливаемым с точки зрения количества среди

различных спектров наноматериалов из-за его многочисленных применений во многих аспектах жизни и того факта, что стоимость его производства часто дешевле, чем стоимость производства большинства наноматериалов, в дополнение к его относительно простому обращению по сравнению с остальными наноматериалами.



Рис. 1 Образец наноматериала диоксида кремния SiO_2

Добавление SiO_2 в бетонную смесь увеличило теплоизоляционные способности обычного бетона. Это можно наблюдать по результатам теплопроводности обычной бетонной смеси, которая находится без добавления каких-либо наноматериалов, где коэффициент теплопроводности колебался в диапазоне 1,22–2,05 Вт/м °С. Принимая во внимание, что коэффициент теплопроводности нанобетона находился в диапазоне (0,5–0,92) Вт/м °С, сделаем вывод, что добавление SiO_2 положительно влияет на способность теплоизоляции.

Также добавление SiO_2 увеличивает удельную теплоемкость бетона с увеличением процента добавления этого порошка. Оптимальное значение теплоемкости было достигнуто на 19,8% [5]. На (рисунок 2) показана прямая зависимость между пропорцией кремнезема и удельной теплоемкостью бетона. Это свойство может быть использовано для улучшения способности бетона хранить тепловую энергию.

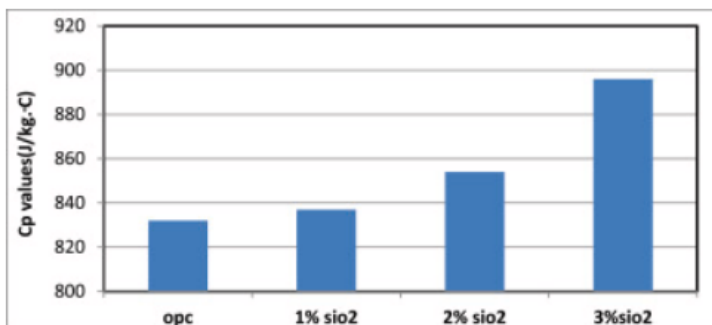


Рис. 2 Значения удельной теплоемкости нанобетона

Теплопроводность же при увеличении процента добавления нанокремнезема в смесь снижается. Это снижение объясняется прямой связью между проводимостью и диффузионной способностью (рисунок 3).

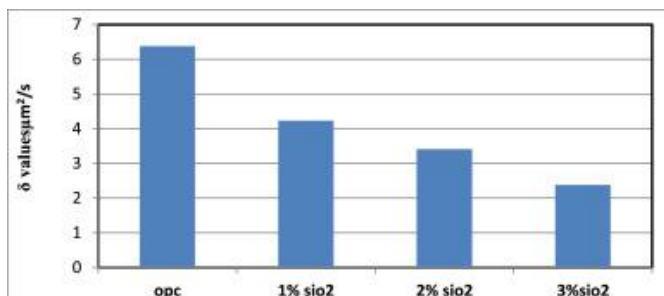


Рис. 3 Значение теплопроводности нанобетона сопоставимы с показателями обычного бетона [3]

При увеличении процента нанокремнезема увеличивается сопротивление сжатию. Причина увеличения заключается в том, что добавление нанокремнезема стимулирует реакцию гидратации частиц цемента, что приводит к увеличению сопротивления сжатию, а добавление нанокремнезема в бетон улучшает сопротивление сжатию за счет заполнения тонких пор.

Замена части цемента нанокремнеземом приводит к экономическим и экологическим выгодам, поскольку нанокремнезем является хорошей альтернативой по относительно разумной цене по сравнению с другими наноматериалами. Включение наночастиц в бетонную смесь повышает механические свойства и долговечность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарева В. В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 486-489.
2. Martínez-Molina A., Tort-Ausina I., Cho S., Vivancos J.-L. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. No 61. P. 70-85
3. Корнеев А.Д., Штефан Г.Е., Гончарова М.А., Бобоколонова О.В., Дергунов Н.Н. Исследование свойств жаростойких бетонов с наносодержащими добавками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 16-19.
4. Chakraborty D., Awolusi I., Gutierrez L. An explainable machine learning model to predict and elucidate the compressive behavior of high-performance concrete // Results in Engineering. 2021. Vol. 11. P. 100245.
5. 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.

УДК 620.92

Захарчук А.А.

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

СВЯЗЬ МЕЖДУ «УСТОЙЧИВОСТЬЮ ГОРОДОВ» И «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ» В ГОРОДАХ

Перед лицом глобального потепления и изменения климата, которые будут вызывать усиленные вариации и экстремальные явления, частота их увеличилась за последние 30 лет, связанных с неожиданными бедствиями (наводнения, волны тепла, бури) [1], которые, как ожидается, затронут две трети населения Европы к 2100 году. Такие экстремальные условия, по прогнозам, повлияют на две трети населения Европы к 2100 году с неизмеримыми социальными, экологическими или экономическими последствиями [2], в то время как неадекватные планы, ориентированные на климат, влияют также на энергетическую безопасность. Города не избежали этих последствий,

порождающих различные неисправности и дискомфорт для их населения и угрожающих их равновесию, указывая, что городские системы в значительной степени ответственны, поскольку они потребляют более 70% мировой энергии [3], производят более 50% мировых отходов, 60-80% выбросов парниковых газов и более 70% потребления ресурсов [4].

Понятие «устойчивость» приобретает все большее значение. Тем не менее, устойчивость часто является скорее «модным словом». Часто встречающиеся термины «климатически устойчивый», «климатоустойчивый» или «устойчивый город» подчеркивают важность городов для восстановления после климатических стрессов. В то же время, строго говоря, в академических рукописях в последние годы появилось множество более теоретических публикаций о значении устойчивости и ее связи с такими понятиями, как уязвимость, устойчивость, риск, адаптация, смягчение последствий или восстановление [5].

Европа уделяет приоритетное внимание своим стратегиям питания устойчивых территорий наряду с климатически устойчивым обществом к 2050 году, полностью адаптированным к неизбежным последствиям изменения климата путем укрепления адаптационного потенциала и минимизации уязвимости в соответствии с Европейским климатическим законом. ЕС уже принял меры по прорыву устойчивости в рамках Стратегии адаптации в качестве ключевого ориентира для адаптации к неопределенностям и климатическим рискам и миссия 2030 для достижения целей климатически устойчивого будущего. Тем не менее, политики и заинтересованные стороны городов используют термин «устойчивость» в качестве вдохновляющей идеи планирования, в то время как широко признанные соглашения, такие как Цели в области устойчивого развития, Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий или даже Парижское соглашение, призывают к устойчивости. Тем не менее, в этой сфере остается парадоксальным реализовывать эту повестку дня в рамках оперативной реализации и перехода к практике, особенно на этапах предварительного планирования, в которых признанные инструменты недостаточны, в то время как их материализация и взаимодействие климатологии и городской концепции жизненно важны для городов. Неспособность решить проблему энергоэффективности и создать надежные и устойчивые территории представляет собой большой риск для общин, чтобы противостоять будущим изменениям и обеспечить устойчивый переход. Понимание последствий этих неопределенностей является сложной задачей из-за многомерных и многомасштабных

изменений, требующих надежной и многогранной оценки с учетом широкого круга действий в рамках надежных процессов. Анализ Индекса климатических рисков 2020 года подтверждает серьезность проблемы, в частности для промышленно развитых стран и необходимость усиления реализации мер, касающихся будущего ущерба.

В этой статье предпринимается попытка понять понятие устойчивости городов с точки зрения множества подходов, теорий и приложений. Концепция охватывает важность стратегий против постоянных изменений климата, быстрой урбанизации и растущих потребностей в энергии. Таким образом, цель этой работы состоит в том, чтобы резюмировать понимание его происхождения и его разрозненных аспектов и поставить под сомнение его рамки в контексте, на который еще предстоит окончательно ответить, такова его связь и важность для энергоэффективности. Чтобы лучше понять, как этот термин был определен и использован в дисциплинах и областях обучения, в этой статье рассматривается академическая литература.

Слово устойчивость произошло в 17 веке от латинского термина «*resilire*», что означает «пружина назад» [6]. Концепция, однако, была теоретизирована экологом К.С. Холлингом в 1973 году, подчеркивая влияние изменений или «нарушений» на экосистемы и определяя концепцию как «сохранение отношений внутри системы и меру способности поглощать изменения и продолжать сохраняться на них». Основываясь на этом определении, Холлинг ввел различные толкования концепции, такие как «инженерная устойчивость» или «экологическая устойчивость», сосредоточив внимание на «величине возмущения, которое может быть поглощено до того, как система изменит свою структуру, и как мера стойкости систем поглощать изменения, сохраняя при этом отношения между популяциями и их переменными» [7]. Позже Холлинг выделил две интерпретации концепции: (1) инженерная устойчивость, подразумевающая, как быстро система возвращается в устойчивое состояние после возмущения и (2) экологическая устойчивость, которая представляет собой способность системы справляться с изменениями своего естественного развития. Тем не менее, с середины 90-х годов этот адаптивный процесс более применим и связан с городским дизайном; это можно объяснить тем фактом, что города сталкиваются с последствиями широкого круга опасностей. Несмотря на то, что это понятие существует в литературе с давних времен, оно было введено во многие сложные социально-экологические вопросы, в последнее время оно было введено в градостроительство и мышление о сложности и

уязвимости. Как научное понятие, его происхождение довольно неоднозначно и сложно.

С момента первого определения понятие устойчивости было предметом нескольких дополнительных исследований. Значительные исследования привели к разработке как общих, так и отраслевых определений, например, в области инженерии, экологии, психологии, социологии и экономики.

Руководствуясь аналитическим обзором термина, в статье определены наиболее влиятельные публикации концепции. Тенденции роста популярности термина в научных работах и опубликованных работах, анализирующих базы данных.

Концепция изначально ассоциируется со способностью экосистем «переносить нарушения, не разрушаясь в качественно иное состояние, которое контролируется другим набором процессов» [8]. Тома вводит концепцию как «способность отталкивать, готовиться, принимать во внимание, поглощать, восстанавливаться и адаптироваться к фактическим или потенциальным неблагоприятным событиям, катастрофам или процессам изменений, которые могут иметь человеческие, технические или природные причины». Как правило, концепцию можно определить как «свойство городской системы, которое позволяет ей выживать в условиях неопределенности, невзгод и изменений, что требует постоянных усилий системы на всех этапах изменения (т.е. смягчение, готовность, поглощение, восстановление, реагирование и адаптация)» [9].

В наши дни устойчивость становится все более распространенной концепцией для определения снижения риска и обеспечения стратегий адаптации от инвестиций или индивидуального поведения к целым сообществам или экономикам. Несмотря на это, понятие устойчивости выходит за рамки проблемы снижения рисков и является рычагом для целого ряда нарушений, таких как энергетические кризисы, в качестве дополнения к концепции «адаптации», в которую мы также включаем способность не только противостоять различным потрясениям и неопределенностям, но и восстанавливаться после них. Таким образом, это многогранный термин.

Устойчивость является многомерной концепцией с несомненными качествами и преимуществами для ее конечных пользователей, включенных в различные области и науки. Фактически, повышение устойчивости повышает способность общин противостоять рискам и снижать уязвимость, одновременно повышая их способность быстро восстанавливаться. На основе вышеупомянутого обзора

вырисовывается несколько сквозных тем, касающихся устойчивости городов и изменения климата:

– Изменение климата является одним из основных потрясений, с которыми сталкиваются города, и обычно происходит параллельно с другими стрессами (например, экономическими или политическими), подразумевая, что устойчивость требует широкого спектра перекрывающихся и интерактивных действий.

– Некоторые из ключевых атрибутов устойчивого города включают в себя: разнообразие, гибкость, надежность, адаптацию, смягчение последствий, а также являются отличительными чертами на переднем крае технологических инноваций.

Делая акцент в этой статье на связи устойчивости городов к энергоэффективности городских систем, области исследований, которая до сих пор остается неисследованной, несмотря на ее значительные преимущества для комплексных стратегий планирования. Повышение устойчивости городов и решение этой проблемы в соответствии с эффективностью ресурсов повысит осведомленность населения мира и уменьшит дефицит ресурсов и зависимость от ископаемого топлива, а также позволит экосистемам поддерживаться.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Управление рисками экстремальных явлений и стихийных бедствий для продвижения адаптации к изменению климата. Специальный доклад о рабочих группах I и II Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под ред. К.В. Филд, В. Баррос, Т.Ф. Стокер и др. Женева: МГЭИК, 2012. 21 с.

2. Бакалин Ю.И., Мухин Н.П., Виноглядов В.Н. Сдерживающие факторы в организации энергосбережения и вопросы получения реальной энергоэффективности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 185-187.

3. Перспективы урбанизации в мире: пересмотр 2018 года [Электронный ресурс]. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>

4. Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде 2018 год [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unep.org/>

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

6. Гашо Е.Г., Фокин А.М., Киселева А.И. Структурирование функции качества как метод контроля качества и эффективности работы систем централизованного теплоснабжения // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 19-24.

7. Корякина Л.В., Новикова О.В. Некоторые аспекты развития рационального ТЭК с учетом уровня энергобезопасности // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 19-27.

8. Folke C. Resilience: The Emergence of a Perspective for Socio-Ecological Systems Analyses / Global Environmental Change. 2006. V. 16, No 3. P. 253-267.

9. Sharifi A., Yamagata Y. Resilient Urban Form: A Conceptual Framework / Resilience-Oriented Urban Planning. Cham: Springer, 2018. P. 167–179.

УДК 621.311

Зиганишина Д.Е.

Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В некоторых регионах России замечаются частые отключения электроэнергии или неустойчивые выходные параметры по напряжению и частоте. В связи с этим промышленные производители энергии обеспечивают электропитание именно с помощью дизель-генераторных установок, которые часто служат дополнительным источником энергии при отключении электросети [1], выбор которых нужно проводить с экономически оправданной мощностью учитывающие фактические нагрузки.

Изолированные объекты находятся в труднодоступных районах Крайнего Севера, где преобладает неразвитая дорожная, а также энергетическая, структуры. Ввиду этого подключение удалённых населённых пунктов к Единой национальной электрической сети (ЕНЭС) не является рациональным решением как в экономическом, так и техническом планах. В таких случаях электроснабжение потребителей осуществляется ввиду введения местных локальных

энергосистем, которые должны обеспечивать нормативный уровень качества электроэнергии [2, 3, 4].

Локальная энергосистема изолированного района состоит из одного-двух работающих на дизельном или угольном топливе источников генерации. На около 140 объектов локальной генерации, расположенных в Якутии, в топливном балансе станций дизельное топливо встречается в 90% случаев [5]. Топливо завозится из других субъектов по сложным схемам, что приводит к увеличению стоимости и сроков доставки. Проблема изолированного района настолько весома, что в иной раз период поставки энергии может длиться до трёх лет.

Ввиду вышеперечисленных проблем происходило периодическое возрастание цен на дизельное топливо. А оплачиваемые конечным потребителем или же правительством затраты не могли остаться без внимания и стремительно росли. Проблема финансирования локальной энергетики возможно с внедрением разработок и реализаций рационального перечня мероприятий по каждому из объектов: объект генерации — электрическая сеть — потребитель. По итогам анализа делается вывод о необходимости модернизации или возможности продолжения эксплуатации энергетического оборудования в долгосрочный период времени.

Во-вторых, анализируются фактические данные о производстве, потери при транспорте и потреблении электроэнергии. Это даёт оценить потенциал повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов. Помимо этого, в анализ входит рассмотрение структуры потребления энергии и суточного графика нагрузок в течение определённого времени (чаще всего года).

Третий шаг подразумевает осведомлённость с наличием, условиями поставки и ценами на топливо. Рассматриваются иные виды топлива, в том числе: дизельное топливо, нефть, уголь, природный газ, сжиженный углеводородный и природный газы и пр.

В настоящее время в мировой энергетике все больше внимания уделяется альтернативной энергетике. На ряду с этим современные комбинированные электростанции начали успешно входить в число применяемых в качестве автономных источников энергии.

Хотя опыт Якутии показывает необходимость развития возобновляемой энергетики для цели предотвращения проблемы, на территории России объекты данного вида энергетики пока не нашли широкого распространения в электроснабжении изолированных районов: на начало 2017 года в данных населенных пунктах введено 16 солнечных электростанций (СЭС), работающих совместно с дизельными станциями. Поэтому важно рассмотреть местные ВИЭ:

потенциал местных рек, солнечной энергии, энергии ветра, биоресурсы и др.

Например, интеграция фотоэлектрических и генераторных систем, принцип работы которых фундаментален на традиционном топливе, имеет огромный потенциал, так как энергия солнца, поступающая к потребителям в большом объёме, является общедоступной и возобновляемой. Также она может эффективно применяться в качестве дополнительного, второго, источника энергии, с учетом реальных электрических нагрузок жилых комплексов [4]. В свою очередь, избыток энергии может содержаться в аккумуляторных батареях, что позволяет системе утилизировать больше накопленной солнечной энергии даже в тёмное время суток.

Ввиду схемы экономии топлива электростанция даёт возможность произвести дополнительную электрическую энергию и снять напряжение на генераторные установки. Такой путь позволяет в год сэкономить до 450 000 литров дизельного топлива и значительно сократить выбросы CO₂ [6].

Но действительно ли это так? В 2017 году было проведено исследование технологий ВИЭ и дизельных электростанций на минимальную и максимальную стоимости 1кВт*ч, руб. Согласно результатам проведенных расчетов, ВИЭ-электростанции, не работающие на оптовом рынке электроэнергии и мощности, даже самые затратные, такие как фотогальванические солнечные электростанции, конкурентоспособны по издержкам по сравнению с дизельными электростанциями.

Выводом является то, что нормированная стоимость электроэнергии, вырабатываемой за счет дизельного топлива, варьируется от 25,32 до 30,88 руб. за кВт*ч. В реальной жизненной ситуации на удаленных территориях, на которые затруднен завоз топлива, себестоимость электроэнергии от дизельных генераторов может достигать до 100 или даже 200 руб. за кВт*ч. При этом население платит за 1 кВт*ч гораздо меньше – например, один или несколько рублей. Огромная разница между себестоимостью и тарифом покрывается за счет региональных бюджетов [1, 5].

Согласно результатам проведенных расчетов, ВИЭ-электростанции, не работающие на оптовом рынке электроэнергии и мощности, даже самые затратные, такие как фотогальванические солнечные электростанции, конкурентоспособны по издержкам по сравнению с дизельными электростанциями.

Для анализа были взяты электростанции России, а именно: солнечная в Республике Саха (Якутия), ветро – в Сахалинской области

и малые гидро – в Республике Карелии, Свердловской и Томской областях. Минимальная нормированная стоимость электроэнергии 1КВт*ч составила 4,75, 3,05 и 1,2 соответственно. Максимальная – 24,85, 3,05, 6,72.

Представленные результаты свидетельствуют о целесообразности использования ВИЭ на изолированных от централизованной энергосистемы территориях России и подтверждают их конкурентоспособность в сравнении с дизельной генерацией.

Недостатком объединения этих станций могут стать сами минусы возобновляемых источников, которые напрямую зависят от погодных условий. Например, неуправляемая подача солнечной энергии в сеть дизель-генераторов, которая может привести к снижению нагрузки на них до минимально-критического уровня в периоды апогея солнечной активности, что может привести к появлению неэффективности дизель-генераторных установок.

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в качестве альтернативы традиционным источникам энергии стало приоритетным направлением энергетической политики экономически развитых стран мира. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. предусматривает замещение 20 млн т у. т. традиционных энергоносителей за счет ВИЭ [6]. Данная система энергоснабжения несомненно подходит для изолированных районов России, а именно: для электрификации мощных промышленных секторов или поселений. А идеальным решением будет решение об внедрении ВИЭ в дизель-генераторные установки, что приведёт и к увеличению производимой энергии, экономии топлива и ресурса генератора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гибридная дизель-солнечная электростанция [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://weswen.ru/news/hybrid-diesel-solar-power-plant/> (дата обращения 01.05.2022).

2. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

3. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

4. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИргТУ. №6. 2011. С. 113-118.

5. Денисов Д. Г. Электроснабжение изолированных населённых пунктов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ef-tek.pro/remote_areas_power_supply/ (дата обращения 02.05.2022).

6. Воркунов О. В., Галиев А. А. Перспективы практического применения солнечных электроэнергетических систем в Казани // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2015; №1-2. С. 57-60.

УДК 66.94:621.926

Зозулева Ю.А.

Научный руководитель: Дубровина Т.А., ст.преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ВЛИЯНИЕ ИНФЛЯЦИИ И БЕЗРАБОТИЦЫ НА ЭКОНОМИКУ СТРАНЫ

На протяжении многих десятилетий «Инфляция» и «Безработица» являются актуальными темами. Актуальность связана со следующим: проблема занятости и безработицы в наши дни становится неотъемлемым элементом жизни России, оказывающим влияние не только на социально-экономическую, но и на политическую ситуацию в стране. Данные процессы важно регулировать и вовремя предотвращать, чтобы не произошел крах всей экономической системы. В условиях сложившего военного конфликта между Россией, Украиной и другими странами обострился экономический вопрос. Санкции, введенные со стороны США, подорвали внешнеэкономические связи.

Прежде, чем перейти к изучению выбранной темы, следует обратиться к теории. Инфляция – это дисбаланс между спросом и предложением денег. Это проявляется в переполнении каналов товарно-денежного обращения излишним количеством неполноценных денег, приводящем к росту цен. На сегодняшний день инфляция – это устойчивая тенденция роста общего уровня цен. Но стоит заметить следующее: инфляция затрагивает общий уровень цен, то есть нельзя считать инфляцией скачок цен на определенные товары или услуги.

Ведь рост цен может быть вызван несколькими факторами: увеличением издержек на производство, внедрением инновационных технологий в производство. Данные факторы не свидетельствуют о проявлении инфляции, так как рост цен объясняется повышением качественной характеристики товаров и услуг.

Инфляция и безработица – это два основных фактора макроэкономической нестабильности. В связи с этим у многих экономистов появился интерес к изучению зависимости между инфляцией и безработицей.

Первый, кто заинтересовался данным вопросом был английский экономист Филлипс. В 1958 году он провел исследование, в процессе которого выяснил, что между уровнем безработицы и приростом номинальной заработной платы существует обратная зависимость. Данную ситуацию принято изображать графически в виде кривой Филлипса. Экономист полагал, что существует некий «естественный уровень» безработицы (он равен 6-8%), при котором сохраняется постоянный уровень заработной платы. Но если безработица становится меньше «естественного уровня», происходит быстрый скачок заработной платы, что приводит к увеличению темпов инфляции. Если же безработица становится больше «естественного уровня», темп прироста заработной платы падает, что приводит к дефляции.

Современные экономисты исследование Филлипса трактуют иначе: существует некий «естественный уровень» безработицы, при котором сохраняется постоянный темп инфляции. Но важно заметить, что обратная зависимость между уровнем безработицы и инфляции существует только в краткосрочном периоде.

Исходя из теоретических основ инфляцию делят на несколько групп.

1. С точки зрения темпа роста инфляции:

– умеренная – темп инфляции до 10 % в год. При данном типе инфляции сохраняется ценность денег, сбережения остаются на прежнем уровне.

– галопирующая – темп инфляции от 10-200% в год. При данной инфляции деньги начинают терять ценность, потребители переводят деньги в товарные ценности, растут инфляционные ожидания, происходит индексация доходов. Данный тип инфляции требует пересмотра монетарной политики.

– гиперинфляция – темп инфляции более 200% в год. Тип инфляции связан с крахом денежной системы, с потерей деньгами ценности. Гиперинфляция требует решения не только экономического, но и политического характера.

2. По форме проявления:

– открытая (явная)-проявляется в устойчивом росте цен.

– подавленная(скрытая)-проявляется в товарном дефиците и в росте вынужденных сбережений. Данная ситуация возможна в случае, если государство будет поддерживать низкий уровень цен. Это и приведет к ухудшению качества продукции.

3. В зависимости от роста цен по группам:

– сбалансированная – одинаковый, пропорциональный рост цен на все группы.

– несбалансированный – непропорциональный рост на группы товаров.

4. С точки зрения прогноза:

– прогнозируемая-экономические агенты осознают риски инфляции. Они делают все, чтобы минимизировать свои потери. Кредитные учреждения в свою очередь повышают процентную ставку.

– непрогнозируемая –это непредсказуемый скачок уровня цен.

Существует несколько нюансов. Желательно, чтобы инфляция снижалась постепенно, а не резко. Ведь снижение инфляции –это падение роста уровня цен, а цены в свою очередь падают из-за снижения спроса. В период кризиса население начинает больше сберегать, чтобы сохранить свой капитал. Резкий скачок инфляции также говорит о проблемах со стороны предложения. Если предложение падает, то инфляция растет.

В условиях инфляции экономические агенты могут идти двумя путями:

1. Люди, опасаясь скачка цен, начинают скупать товары, чтобы спасти деньги от обесценивания. Данная ситуация характерна для стран с низким уровнем доходов.

2. Люди начинают снижать расходы. Так как считают, что повышение уровня цен является лишь временным явлением. В результате сокращения платежеспособного спроса цены начинают снижаться и это приводит к равновесию.

Самые опасные последствия от инфляции –это обесценивание сбережений, снижение долгосрочных инвестиций, падение экономического роста, снижение реальных доходов и др. Боясь обесценивания денег, люди начинают скупать товары и услуги, что приводит к дефициту, а также к снижению сбережений и, следовательно, к падению инвестиций. Самый простой способ защитить свои сбережения –депозит. Но когда инфляция выше процентной ставки нет выгоды от депозита. Также немаловажным элементом защиты сбережений от обесценивания являются инвестиции на фондовом

рынке. Однако стоит помнить, что данные вложения не застрахованы, они могут привести как к доходу, так и к убытку.

В современном мире особым спросом пользуются следующие источники инвестирования:

1. **Акции.** Акционеры становятся владельцами доли в бизнесе. Этот тип инвестирования помогает догнать и даже опередить темпы инфляции.

2. **Российские облигации федерального займа.** Это самое надежное инвестирование. Однако доходность от них обычно невелика.

3. **Золото** также является одним из наиболее популярных объектов инвестирования. Такой способ помогает обезопасить свои сбережения в долгосрочном периоде.

Исходя из выше сказанного, можно понять, что инфляция уменьшает сбережения, а в некоторых случаях, вообще обнуляет их. Данную ситуацию можно увидеть на примерах. В 1921-1922 годах в СССР инфляция находилась на уровне ~ 218 %. А в 1992 году инфляция достигла ~ 2520% в год. Представим, что на сегодняшний день мы имеем «в чулках» 10 тысяч рублей. На данный момент я могу купить джинсы, кофточку и платье. А через 20 лет, за эти же 10 тысяч я смогу купить, к примеру, только джинсы. Это показывает, реальную платежеспособность денег. Через 20 лет мы не сможем на эти деньги купить такой же объем товаров и услуг, как на сегодняшний день. Если же хранить деньги в банке, мы будем получать проценты от своих вкладов, увеличивать сбережения. Но это будет работать на пользу, если процентная ставка будет больше процента инфляции. Если же инфляция опережает процентную ставку, то нам это будет в убыток.

Влияние инфляции на инвестиции будет зависеть от типа вложений. Если рассматривать акции и облигации – инфляция может уменьшить сумму депозита, а если рассматривать золото и иные драгоценные металлы, то их приобретение будет обходиться гораздо дороже из-за падения стоимости доллара. Инвесторам, у которых деньги хранятся в финансовых институтах с фиксированной ставкой в условиях гиперинфляции сложнее всего.

Далее обращусь к теоретической части, касающейся безработицы. Безработица – это социально-экономическое явление, при котором часть экономически активного населения не имеет работы, но находится в ее поиске. Население страны делится на две группы: экономически активное и экономически неактивное. Экономически активное население – это:

1) занятые в производстве.

2) люди, не имеющие на данный момент рабочего места, но ищущие его.

3) лица, проходящие военную службу; лица, находящиеся на больничном или в отпуске.

Экономически неактивное население –это:

1) пенсионеры; инвалиды; дети до 16 лет; отбывающие срок наказания; психически нездоровые.

2) лица, которые могли бы трудиться, но не делают этого (домохозяйки, бродяги, студенты очной формы).

Причины безработицы разнообразны. Приведу в пример некоторые из них:

1) экономический спад.

2) превышение спроса на рабочую силу над ее предложением.

3) научно-технический прогресс.

4) изменение демографической структуры населения.

5) сезонный характер производства и др.

В экономике безработицу принято делить на три вида:

1) Фрикционная безработица. Данный вид безработицы является неизбежным. Так как люди постоянно стремятся найти лучшие условия труда с более высокой заработной платой Многие вынужденно переезжают, в следствие чего меняют работу. Для выпускников ВУЗов также характерна фрикционная безработица. Так как молодые специалисты находятся в активном поиске рабочего места. Фрикционная безработица является добровольной и непродолжительной.

2) Структурная безработица. Возникает в том случае, когда рабочая сила не соответствует требованиям, структуре производства. Например, специальность уже не является актуальной или работники не обладают нужным уровнем квалификации. Данный вид безработицы носит вынужденный и продолжительный характер. В сумме структурная и фрикционная безработица составляют естественный уровень безработицы (6-8%).

3) Циклическая безработица. Это Самый опасный вид безработицы, возникающий в период кризиса, характеризующийся полным крахом экономики. Циклическая и естественная безработица образуют в сумме фактический уровень безработицы.

Говоря о последствиях безработицы следует отметить, что она затрагивает не одну, а сразу несколько сфер общественной жизни. К социальным последствиям относят:

1) криминализацию общества.

2) рост заболеваемости.

3) усиление политической нестабильности и др.

К экономическим последствиям относят:

1) снижение объема ВВП.

2) падение роста инвестиций.

3) обесценивание сбережений.

4) увеличение государственных расходов.

5) сокращение налоговых поступлений и др.

В заключение стоит отметить, что безработица является неизбежным явлением, которое нужно контролировать. Именно поэтому важную роль играет государственное регулирование, которое заключается в материальной поддержке безработных, в выделении дополнительных рабочих мест, в создании бирж труда и фондов переквалификации сотрудников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андрианов В. Д. Инфляция: причины возникновения, влияние на экономику и рынок капитала. – М. Консалтбанкир, 2013. – 216 с. Шифр РНБ: 5/2536.

2. Дубровская Е. С. Экономика: учебник. – М. РИОР: ИНФРА-М, 2012. – 253 с.

3. Макроэкономика: учебник для бакалавриата и специалитета / С. Ф. Серегина [и др.]; под редакцией С. Ф. Серegiной. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 527 с. — (Высшее образование)

4. Национальные социально-экономические системы в условиях перехода к новому технологическому укладу под ред. Проф. С.В. Куприянова. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. 300 с.

5. Финансы. Денежное обращение. Кредит: учебник для вузов/Л.А.Дробозина, Л.П.Окунева, Л.Д.Андросова и др. Под редакцией проф. Л. А. Дробозиной. -М: ЮНИТИ, 2000. – 479 с.

6. Хлопчик, И. С. Инфляция и безработица / И. С. Хлопчик. – Москва: Лаборатория книги, 2012. – 106 с

7. Экономическая теория. Часть 2. Макроэкономика. Мегаэкономика: учеб. пособие /Е. Н. Чижова, Г. Г. Балабанова. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. -332 с.

УДК 665.63:665.65

Ибоян Д.Л.

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

OIL REFINING METHODS

Oil is a mineral that is an oily liquid. It is a combustible substance, often black in color, although the colors of the oil vary from region to region. It can be brown, cherry, green, yellow, and even transparent. From a chemical point of view, oil is a complex mixture of hydrocarbons with an admixture of various compounds, such as sulfur, nitrogen, and others. Its smell can also be different, as it depends on the presence of aromatic hydrocarbons and sulfur compounds in its composition.

Increasing the volume of production of petroleum products, expanding their range and improving quality are the main tasks set for the oil refining industry at the present time. The solution of these problems in conditions where the share of processing of sulphurous and sour, and in recent years, highly paraffinic oils is constantly increasing, required a change in the technology of oil refining. Secondary and, especially, catalytic processes have acquired great importance. The production of fuels that meet modern requirements is impossible without the use of such processes as catalytic cracking, catalytic reforming, hydrotreating, isomerization, and in some cases hydrocracking [2].

The oil produced in the fields, in addition to the gases dissolved in it, contains a certain amount of impurities - particles of sand, clay, salt crystals and water. The solids content of crude oil is typically less than 1.5%, and the amount of water can vary widely. With an increase in the duration of the operation of the field, the watering of the oil reservoir and the water content in the produced oil increase. In some old wells, the fluid produced from the formation contains 90% water. The oil supplied for processing should contain no more than 0.3% water. The presence of mechanical impurities in oil complicates its transportation through pipelines and processing, causes erosion of the internal surfaces of oil pipeline pipes and the formation of deposits in heat exchangers, furnaces and refrigerators, which leads to a decrease in the heat transfer coefficient, increases the ash content of residues from oil distillation (fuel oil and tars), promotes the formation persistent emulsions. In addition, in the process of oil production and transportation, a significant loss of light oil components (methane, ethane, propane, etc.,

including gasoline fractions) occurs - up to about 5% of the fractions boiling up to 100°C.

In order to reduce the cost of oil refining, caused by the loss of light components and excessive wear of oil pipelines and processing equipment, the produced oil is subjected to pre-treatment. To reduce the loss of light components, oil is stabilized, and special hermetic oil storage tanks are also used. From the main amount of water and solid particles, oil is released by settling in tanks. The destruction of oil emulsions is carried out by mechanical, chemical and electrical methods. An important point is the process of sorting and mixing oil.

Technological processes of an oil refinery are usually classified into two groups: physical and chemical. Physical (mass transfer) processes achieve separation of oil into its constituent components (fuel and oil fractions) without chemical transformations and removal (extraction) of undesirable components (polycyclic arenes, asphaltenes, refractory paraffins) from oil fractions, oil residues, oil fractions, gas condensate and gases, non-carbohydrate compounds. In chemical processes, the processing of petroleum feedstock is carried out by chemical transformations with the production of new products that are not contained in the feedstock. The chemical processes used in modern oil refineries, according to the method of activation, chemical reactions are divided into thermal and catalytic [1].

Oil extracted from wells always contains associated gas, mechanical impurities and formation water, in which various salts are dissolved. Obviously, such "dirty" and crude oil, which also contains highly volatile organic and inorganic gas components, cannot be transported and processed at refineries without careful field preparation.

Oil is prepared for processing in 2 stages - at the oil field and at the refinery in order to separate associated gas, mechanical impurities, water and mineral salts from it.

Distillation (fractionation) is the process of physical separation of oil and gases into fractions (components) that differ from each other and from the initial mixture in terms of boiling temperature limits. Distillation with rectification is the most common mass transfer process in chemical and oil and gas technology, carried out in distillation columns by repeated countercurrent contact of vapors and liquids. The contacting of vapor and liquid streams can be carried out either continuously (in packed columns) or stepwise (in tray distillation columns). During the interaction of counter flows of vapor and liquid at each stage of contact (tray or packing layer), heat and mass transfer occurs between them, due to the tendency of the system to a state of equilibrium. As a result of each contact, the components are redistributed between the phases: the vapor is somewhat enriched in low-

boiling components, and the liquid is somewhat enriched in high-boiling components [5].

Distinguish between simple and complex columns. Simple distillation columns provide separation of the initial mixture into two products: rectified product (distillate), which is removed from the top of the column in a vapor state, and the remainder - the lower liquid product of rectification. Complex distillation columns separate the initial mixture into more than two products. There are complex columns with the selection of additional fractions directly from the column in the form of side strips and columns in which additional products are taken from special stripping columns called strippings. The latter type of columns has found wide application in the primary distillation of oil.

When refining oil, gases are formed that are unbranched alkanes: butane, propane, ethane. The industrial name for this fraction is petroleum gas. The gas fraction of oil is removed even before the primary distillation of oil, or it is separated from the gasoline fraction after distillation. Petroleum gas is used as a fuel or it is liquefied to produce LPG, which is then used as a feedstock to produce ethylene.

Products of primary oil refining, as a rule, are not commercial oil products. For example, the octane number of the gasoline fraction is about 65 points, the sulfur content in the diesel fraction can reach 1% or more, while the standard is, depending on the brand, from 0.005% to 0.2%. In addition, dark oil fractions can be subjected to further qualified processing. In this regard, oil fractions are supplied to secondary process units designed to improve the quality of petroleum products and deepen oil refining.

In this regard, oil fractions are supplied to secondary process units designed to improve the quality of petroleum products and deepen oil refining.

Catalytic reforming. Catalytic reforming is designed to increase the octane number of straight-run gasoline fractions by chemical conversion of hydrocarbons included in their composition, up to 92-100 points. The process is carried out in the presence of an aluminum-platinum-rhenium catalyst. The increase in octane number occurs due to an increase in the proportion of aromatic hydrocarbons. The output of the high-octane component is 85-90% of the feedstock. Hydrogen is produced as a by-product, which is used in other refinery units. The capacity of reforming units is from 300 to 1000 thousand tons or more per year in terms of raw materials. The optimal raw material is a heavy gasoline fraction with a boiling range of 85-180°C. The raw material is subjected to preliminary hydrotreatment - the removal of sulfur and nitrogen compounds, even in small quantities, irreversibly poisoning the reforming catalyst. During regeneration, the coke formed during the operation of the catalyst is burned from the surface of the catalyst,

followed by hydrogen reduction and a number of other technological operations.

Catalytic isomerization. Isomerization is also used to increase the octane number of light gasoline fractions. Isomerization raw materials are light gasoline fractions with a boiling point of 62°C or 85°C. The increase in octane number is achieved by increasing the proportion of isoparaffins. The process is carried out in one reactor at a temperature, depending on the technology used, from 160 to 380°C and pressure up to 35 atm [3].

Hydrotreatment of distillates. The task of the process is the purification of gasoline, kerosene and diesel fractions, as well as vacuum gas oil from sulfur and nitrogen-containing compounds. The hydrotreaters may be fed with secondary distillates from crackers or cokers, in which case olefins are also hydrogenated. The capacity of the plants ranges from 600 to 3000 thousand tons per year. The hydrogen required for the hydrotreatment reactions comes from the reformers.

Catalytic cracking. Catalytic cracking (CC) is the most important oil refining process, which significantly affects the efficiency of the refinery as a whole. The essence of the process lies in the decomposition of hydrocarbons that are part of the feedstock (vacuum gas oil) under the influence of temperature in the presence of a zeolite-containing aluminosilicate catalyst. The target product of the KK unit is a high-octane component of gasoline with an octane number of 90 points or more, its yield is 50 - 65%, depending on the raw materials used, the technology and regime used. The high octane number is due to the fact that isomerization also occurs during QC. The process produces gases containing propylene and butylenes, which are used as feedstock for petrochemicals and the production of high-octane gasoline components, light gas oil, a component of diesel and heating oils, and heavy gas oil, a feedstock for the production of soot, or a component of fuel oils [4].

Hydrocracking. Hydrocracking is a process aimed at obtaining high-quality kerosene and diesel distillates, as well as vacuum gas oil by cracking feedstock hydrocarbons in the presence of hydrogen. Simultaneously with cracking, products are purified from sulfur, olefins and aromatic compounds are saturated, which leads to high operational and environmental characteristics of the resulting fuels. The resulting gasoline fraction has a low octane number, and its heavy part can serve as a reforming feedstock. Hydrocracking is also used in the oil industry to obtain high-quality base oils that are close in performance to synthetic oils.

In the near future, oil will remain the basis for providing energy for the national economy and raw materials for the petrochemical industry. Here much will depend on success in prospecting, exploration and development of oil fields. But natural resources of oil are limited. The rapid increase in their

production over the past decades has led to the relative depletion of the largest and most favorably located deposits.

REFERENCES

1. Д. В. Выросткова, Р. В. Гулиев, И. М. Розин, Ю. К. Рубанов. Анализ методов очистки водных объектов от нефтепродуктов // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: Всероссийская научная конференция: (Белгород, 14—18 октября 2019 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. Ч. 1. С. 138-143.
2. Вержичинская С.В., Дигуров Н.Г., Сеницын С.А. Химия и технология нефти и газа: учебное пособие. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. - 400с.
3. Козиенко А.И., Подгорбунская Т.А., Гендин Д.В. Технология производства нефтяных масел. Методическое пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007, - 62 с.
4. Кутепов А.М. и др. Общая химическая технология: Учебник для техн. вузов. / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен. - 2-е изд., испр. И доп. - М.: Высш. школа, 1990. - 520с.
5. Покровская С.В. Технология переработки нефти. Производство нефтяных масел: учебно-методический комплекс. – Новополюк: ПГУ, 2008. - 320 с.

УДК 632.151

Инютина А.А.

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

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Практически во все времена политика всех стран была направлена на извлечение большей прибыли, на внедрение новых технологических разработок в различные производства, но все они забыли, что вместе с прогрессом экономической сферы происходит регресс экологии. Так как за стремлением повысить свое экономическое состояние влечёт за собой интенсивный рост промышленного производства, то появилась

необходимость в решении проблемы утилизации огромного количества отходов.

Защита окружающей среды на сегодняшний день играет ведущую роль в жизни современного общества. Строятся города, расширяются производства, природные ресурсы используются ещё в больших количествах, всё это наносит непоправимый вред природе. И уже в современной России оценки количества твердых бытовых отходов на данный момент составляют по различным оценкам 30-80 млрд. т [1]. Осознав негативные последствия влияния своей деятельности на природу, человек стремится исправить сложившуюся ситуацию. Анализ перспектив развития промышленности и энергетики свидетельствует о явном смещении приоритетных проблем в сторону всесторонней оценки возможных последствий влияния деятельности основных отраслей промышленности на окружающую среду, жизнь и здоровье населения [2]. Важнейшим направлением в настоящее время является создание комплексных установок, схем и устройств, которые обеспечивают рациональное использование потенциала отходящих потоков, образующихся на различных стадиях процесса, а также защиту от загрязнения окружающей среды.

Инвестирование в новые технологии и технологии переработки образующихся отходов даёт со временем экономический эффект, покрывающий расходы на внедрение этих технологий. Поэтому всё чаще предприятия не ограничиваются формальным исполнением экологических требований, а ориентируются на формирование системы управления отходами, позволяющей оптимизировать их потоки [3].

Экологически безопасные строительные материалы можно получить только благодаря использованию экологически чистого исходного материала. Для этого должен быть разработан системный подход, который будет включать в себя химическое связывание естественных радионуклидов и тяжелых металлов в устойчивые малорастворимые соединения или блокирование их в структуре строительного материала. Так если данные условия будут соблюдаться, то можно придать строительным материалам нужные свойства, а главное обеспечат им экологическую безопасность [3].

Наиболее масштабным и значительным является химическое загрязнение среды несвойственными ей веществами химической природы. Среди них – газообразные и аэрозольные загрязнители промышленно-бытового происхождения. Прогрессирует и накопление углекислого газа в атмосфере.

В промышленности строительных материалов (ПСМ) достаточно успешно внедрена практика вторичного использования отходов, а также

техника и технологии переработки техногенных материалов методом компактирования: экструдирования, гранулирования, брикетирования, прессования и др. [4].

Для производства строительных материалов (извести, цемента) часто используют промышленные печи. Часто используемые печи в настоящее время – это вращающиеся и шахтные печи. Их работу стараются оптимизировать, чтобы они были энергосберегающими и сохраняли при этом высокий уровень производительности. Также разрабатываются специальные методы по снижению тепловых потерь и по минимизации загрязнения окружающей среды.

Распространённой проблемой печей является то, что основными компонентами продуктов горения топлива являются углекислый газ и водяные пары, а также метан, выделяющийся в процессах неполного сгорания природного газа [5]. На их долю приходится около 80 % парниковых газов в атмосфере Земли. В состав отходящих дымовых газов входят такие токсичные компоненты продуктов сгорания, как оксид углерода и диоксид углерода, оксиды азота, диоксид и триоксид серы и ряд других компонентов, поступление которых в воздушную среду наносит огромный ущерб. Наряду с газообразными выбросами промышленные печи являются источниками твёрдых отходов.

Как правило, стабильность режима обжига поддерживается изменением расхода топлива при постоянном питании печи, что сопровождается различными переходными процессами (изменением положения и длины зон печи, количества выделяющегося CO_2 , количества теплоты, поступающей в холодную часть вращающейся печи и т. п.). Такие переходные процессы представляют собой временные возмущения, величина которых зависит от управляющего воздействия. Соблюдая и поддерживая определённый режим работы печи такие переходные процессы позволяют 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 [6].

Снижения загрязнения окружающей среды также можно достигнуть при существенной экономии топлива, за счёт утилизации теплоты отходящих газов [7]. Повышение энергетической и экологической эффективности существующих теплотехнологических установок достигается улучшением режима их работы, а также максимально возможным использованием тепловых отходов, в первую очередь использованием физической теплоты отходящих газов.

Одним из вариантов снижения загрязнений от печи является применение энерготехнологических котлов, работающих на отходящих

газах с дожиганием горючих компонентов, например, оксидов углерода и серы, что позволяет снизить количество их выбросов в атмосферу. Кроме того, такие котлы позволяют утилизировать не только горючие, но и тепловые вторичные энергоресурсы с выработкой пара, горячей воды или воздуха для нужд предприятия.

В процессе же производства бетонных смесей образуются отходы и остатки свежего бетона в смесителях, бетоновозах и бетононасосах, в технологических машинах, в формах и ёмкостях. Поэтому есть отличная возможность экологически и эффективно переработать данные остатки бетона, что позволит сократить временные и финансовые затраты производства. К тому же при промывке техники водой от остатков бетонной смеси образуется шламовая вода, в состав которой входят химические добавки, инертные заполнители и вода. Поэтому здесь является актуальным разработки перспектив для повторного использования ресурсов, потраченных на изготовление товарного бетона и бетонных изделий на заводе. При применении систем вторичной переработки на предприятии будет заметна значительная экономия производственных затрат (до 15%) [8]. Данный процесс происходит благодаря использованию замкнутого цикла воды, вторичного применения материалов и отсутствия затрат на вывоз и утилизацию отходов. Повторное использование остатков строительных смесей – это экологический и эффективный способ управления производственными материалами, позволяющий значительно сократить временные и финансовые затраты.

Также в настоящее время распространены содорегенерационные котлоагрегаты, использующие лигнин в качестве источника энергии. В котле сжигается смесь химикатов для варки и остатков лигнина (черный щёлок), остающихся после отделения пульпы (целлюлозы) из свареной древесины на целлюлозно-бумажном производстве. Такая система превосходит другие технологии снижения выбросов CO₂, используя топливо из биомассы, и тем сохраняющая окружающую среду.

Значительную массу техногенных волокнистых материалов (ТВМ) – представляют целлюлозно-бумажные отходы (ЦБО). Можно заметить какая необходимость есть в целлюлозно-бумажном производстве. Из-за такого высокого спроса увеличиваются ЦБО и загрязнение ими окружающей среды ставит ряд задач по утилизации ЦБО. Целлюлоза – это органическое соединение, состоящее из нерастворимых волокон, расщепление которых в промышленных условиях до глюкозы очень сложно и требует энергетических затрат. Одним из направлений утилизации бумажных отходов является

производство на их основе гранулированных стабилизирующих добавок (ГСД) для щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА).

Сушка является неотъемлемой частью во многих сферах производственной деятельности, а на отдельных направлениях сушильное оборудование занимает до 30% производственных площадей, потребляет до 40% всего расходуемого тепла и до 30% электроэнергии [4]. В БГТУ им. Шухова был разработан малотоннажный технологический комплекс для производства экструдированных техногенных материалов различного функционального назначения. Главная преимущество данной разработки состоит в том, что выделенная тепловая энергия в ходе сушки и отработанный пар не выбрасываются в атмосферу, а рециркулируются как в зоне классификации и сушки, так и в зоне смешения и компактирования.

Конечно, в России осуществляется контроль за качеством и физико-механическими свойствами сырья, компонентов смеси и готовой продукции на каждом этапе технологической цепи утилизации отходов, но при этом предприятия стараются сэкономить на данном контроле, что является не очень хорошим примером. Поэтому нужно укрепить более надёжное осуществление контроля за организацией работ по утилизации отходов.

Итак, в данной статье были представлены некоторые методы снижения загрязнений промышленными предприятиями по производству строительных материалов. На данный момент всё ещё разрабатываются различные технологии («зелёные» технологии), направленные на сбережение нашей окружающей среды и обеспечивающие комфортные условия для жизни людей. Снижение расхода топлива ведёт к сокращению выбросов в атмосферу парниковых газов и уменьшает уровень загрязнений вредными веществами, попадающих в почву, воду и воздух. Экологические показатели строительных материалов достаточно сильно влияют на экономические показатели производств, снижают энергоёмкость производства строительных материалов, что выгодно от этих предприятий и нашей окружающей среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожевников В.П., Токач Ю.В., Огнев М.Н. Современные решения по переработке твердых бытовых отходов в БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 172-174.

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. Губарева В.В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 486-489.

4. Тепловой анализ технологической линии по экструдированию и сушке техногенных волокнистых материалов / С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, А.М. Гридчин и др. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 2. С. 78-83.

5. 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.

6. Нусс М.В., Трубаев П.А., Классен В.К. Управление работой цементной вращающейся печи // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2013. № 1. С.62-65.

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

8. Головатенко Е. Л. Оценка эколого-экономической эффективности ресурсосбережения при производстве железобетонных конструкций // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 54-58.

УДК 628.474

Инютина А.А.

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

СПОСОБЫ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Дымовые газы - продукты горения, выделяющиеся в процессе сжигания органического топлива — газа, каменного и древесного угля, нефти.

Большая часть государств контролирует объемы выбросов дымовых газов в атмосферу, при помощи введения предельно допустимой концентрации (ПДК) для главных продуктов загрязнения.

Необходимо отметить, что ПДК уменьшается, и к 2055 году собираются свести загрязнения практически к нулю.

Основными положениями по очистке воздуха в России являются: Федеральный закон N 96-ФЗ «Об охране окружающей среды» от 04.05.1999, а также ГОСТ 17.2.3.02-2014 и ГОСТ 12.1.005-88. Предельно допустимая концентрация указана в СанПиН 2.1.6.1032-01.

Основные типы загрязнений, выделяющиеся в процессе горения являются: тяжелые металлы, оксиды серы и азота, а также летучая зола. Тяжелые металлы — вещества, которые обладают свойством токсичности. С технической точки зрения, к тяжелым металлам относят элементы с плотностью выше плотности железа (8 г/см^3). Чаще всего термин «тяжелые металлы» применяют к кадмию, ртути и свинцу [1].

Оксиды азота (NO и NO_2) и серы (SO_2) - в воздухе реагируют с водяными парами и в процессах фотохимической реакции, образуя кислоты, оседающую на землю в виде кислотных дождей.

Летучая зола — это мельчайшие частички несгораемого остатка, которые состоят из минеральных примесей, имевшихся в исходном топливе. Количество золы в дымовых газах зависит от типа топлива — содержание, обычно, в горючих сланцах от 50 до 80%, в торфе от 3 до 30%, в каменном угле содержание золы колеблется от 1 до 50%, в дровах 0,5% - 2%, а в мазуте 0,05 - 0,15% золы. Чем меньше процент содержания золы в топливе, тем меньше золы образуется в процессе горения. Поэтому выбор очистительных систем для дымовых газов зависит от используемого типа топлива.

Главными источниками загрязнения атмосферы дымовыми газами сегодня является энергетическая промышленность — котельные и ТЭС, которые работают на ископаемом топливе.

Кроме того, дымовые газы выбрасывают:

- транспорт с двигателями внутреннего сгорания;
- промышленные предприятия;
- нефтяные факелы, которые сжигают попутный газ.

Стоит отметить, что универсального способа очистки воздуха от дыма и прочих типов загрязнения не существует. В связи с этим приходится совмещать различные способы для достижения максимального эффекта.

Основные методы очистки дымового газа от твердых частиц и золы:

1. Скрубберы — устройства для мокрой очистки дымовых газов.

Это вертикальные емкости, внутри которых расположены различные приспособления для мокрой очистки (форсунки для

разбрызгивания воды, разнообразные насадки, механизмы для дробления воды газовым потоком). Дым очищается и промывается водой, вся сажа остается с водой, которая попадает в отстойник, а очищенный газ направляется в атмосферу [3].

2. Кольцевые эмульгаторы — принцип работы таких очистителей основан на эмульгационном способе мокрой очистки, который во многом схож с работой скруббера, но имеет отличия. Кольцевой эмульгатор – это вертикальная емкость, внутри которой располагается вращающаяся тарелкообразная насадка. Дымовой газ подается через трубки, расположенные под углом снизу емкости, следовательно, загрязненный газ завихряется [6, 7]. При контакте с жидкостью на поверхности тарелки, газ образует с водой газожидкостную эмульсию, накапливающуюся под тарелкой. После отключения установки, образуется противоток жидкость-газ – шлам стекает через отверстия в основании рабочей камеры, а очищенный газ выводится через выходной газоход.

3. Электростатические фильтры — в таких аппаратах поток загрязненного воздуха проходит через электрическое поле, вследствие чего частицы оседают на электродах под действием электростатического поля обратной полярности.

4. Рукавные тканевые фильтры — это цилиндрические емкости, в которых находятся вертикально подвешенные тканевые мешки. Частицы золы в дымовом газе при прохождении через ткань оседают в этих мешках. Очищенный воздух уходит через трубу в верхней части емкости. Для очистки рукавов от золы их периодически встряхивают. Рукавные тканевые фильтры для очистки воздуха от дыма улавливают до 99,9% золы [2].

Для очистки дымовых газов от оксидов серы используются три технологии: сухая очистка, мокросухая и мокрая.

5. Сухая очистка. Технология сухой сероочистки основана на применении разнообразных сухих сорбентов. Зачастую применяется сухой известняк, вводимый непосредственно в топку. В ходе кальцинирования известняка выделяется известь, связывающая серные соединения, тем самым, не давая им проникнуть в дымовые газы. Такой метод очистки улавливает до 99% оксидов серы.

6. Мокросухая очистка. При таком способе сероочистки в поток дымового газа вводят жидкий абсорбент (обычно это суспензия извести), вода испаряется, а известь связывает оксиды, образуя при этом сульфаты и сульфиды кальция, которые затем улавливаются электростатическими или рукавными фильтрами. Мокросухая очистка имеет эффективность очистки до 98% [4].

7. Мокрая сероочистка. Применяется при большой концентрации серы в исходном топливе (2 - 4%) и обеспечивает уровень очистки примерно 95 – 99% в зависимости от применяемого сорбента.

В качестве сорбента применяются:

- соединения аммиака;
- суспензия доломита;
- кальцинированная вода;
- морская вода;
- сточные воды;
- карбонат натрия;
- суспензия извести.

Сероочистка при мокром способе очистки осуществляется в скруббере.

Для очистки дымовых газов от оксидов азота используют две главные технологии:

1. Селективное некаталитическое восстановление NO_x (СНКВ).
2. Селективное каталитическое восстановление NO_x (СКВ).

Во главе обеих технологий лежит реакция восстановления NO_x при помощи аммиака или его производных (соли аммония, мочевины) до образования азота и воды.

В случае технологии СНКВ процесс очистки осуществляется в газовой камере, при температуре более 800 °С. При применении СКВ очистка осуществляется на поверхности гетерогенных катализаторов при рабочей температуре 200 - 500 °С.

И в том, и в том случаях катализаторами являются соты, где каталитическое вещество нанесено на подложку сот, или же пластины с нанесенной на них каталитической массой. В роли каталитического вещества применяют оксид ванадия в совокупности с оксидом алюминия или оксидом титана [5].

Экологическая проблема загрязнения атмосферы является наиболее актуальной среди остальных, поскольку дымовые газы ухудшают экологическую обстановку. Природоохранные мероприятия на объектах промышленности необходимо реализовывать при разработке плана производства так, чтобы росту производственных мощностей соответствовал рост производительности очистных сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарев А.В., Васильченко Ю.В. Теплогенерирующие установки. Часть 1. Белгород, 2008. 162 с.

2. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий. Белгород, 2013. 240 с.

3. Трубаев П.А., Погонин А.А., Тарасюк П.Н. Техничко-экономическая оценка модернизации районных муниципальных котельных Белгородской области // Промышленная энергетика. 2012. № 2. С.12-15.

4. 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.

5. Губарев А.В., Лукьянчиков С.Н. Снижение образования оксидов азота в топочных камерах конденсационных теплогенераторов // Молодой инженер - основа научно-технического прогресса: Сб. научн. тр. Межд. научно-техн. конф. Курск, 2015. С. 93-96.

6. Орлов С.М., Романенко Б.Р. Повышение энергоэффективности циклонов // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 178-185.

7. Орлов С.М., Романенко Б.Р. Влияние на энергоэффективность электрических процессов в циклонах при очистке газов от пыли // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 337-342.

УДК 697.34

Инютина А.А.

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

ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В РОССИИ

В России создавалась довольно сложная обстановка, касающаяся проблем теплоснабжения жилых строений. Неизбежное старение оборудования, нехватка бюджета на ремонт и замену тепловых сетей и генерирующих установок приводят лишь к ухудшению существующих условий функционирования теплоснабжающих систем и к распространению аварийности.

Текущее положение ещё сильнее осложняется частыми срывами поставок топлива ввиду задолженности некоторых потребителей, вынужденных оплачивать услуги коммунальных компаний в независимости от фактического расхода топлива. Все эти факторы отражаются на качестве теплоснабжения, что при текущем состоянии

тепловых сетей и технологических установок, а также обслуживания ведет к следующему:

1. Перерасходы теплоты на отопление помещений (особенно это заметно в тёплое время отопительного периода ввиду отсутствия возможности ручной регулировки).

2. Потери теплоты в связи с неудовлетворительным обслуживанием и состоянием тепловых сетей.

3. Высокие расходы топлива из-за невысокого КПД его использования в действующих устаревших котельных установках.

В результате нарушений условий хранения топлива жильцам приходится оплачивать завышенные цены на него, при этом повышение тарифов на тепло практически не отражается на надёжности теплоснабжения [1].

В городах России всеобщее распространение получила система централизованного теплоснабжения. Однако тепловые сети и теплогенерирующие установки за 30 - 40 лет эксплуатации получили неудовлетворительные показатели работоспособности, в связи с чем почти везде отмечаются значительные потери тепла. Реконструкция таких систем нуждается в значительных единовременных вложениях, которые в существующих экономических условиях имеют шанс не окупиться. Но во многих промышленных и административных центрах текущая система теплоснабжения всё-таки требует реконструкции и перекладки тепловых сетей. Децентрализованное теплоснабжение могло бы решить проблемы обеспечения жильцов теплотой более выгодно и с высокой надёжностью, особенно в малых населённых пунктах, небольших и средних городах, так как внедрение подобных систем существенно сокращает потери в тепловых сетях, улучшает качество и увеличивает надёжность теплоснабжения.

На сегодняшний момент изучено влияние на эффективность децентрализованного теплоснабжения таких факторов, как количество людей, проживающих в населённых пунктах (до 40 тыс. человек), а также удалённость от магистральных газопроводов (до 100 км). При численности менее 200 человек теплоснабжения можно организовать индивидуально на каждый дом с применением оборудования мощностью до 23 кВт. При численности населения от 5 тыс. человек и больше отопление можно обеспечить с помощью блочных котельных мощностью 1...2,5 МВт [3].

Для крупных городов от 15 тыс. человек эффективным считается теплоснабжение с одновременной газификацией сетевым газом почти при любой удалённости от магистральных газопроводов. Если же численность населения составляет от 5 до 10 тыс. человек, то

эффективность указанных мер уже сильно зависит от затрат на газификацию. В городах же с более низкой численностью из-за ещё преобладающей доли одноэтажных домов требуются большие затраты на внутренние газовые сети.

Ежегодные затраты тепла на 1 м² отапливаемой площади составляют по России свыше 0,35 Гкал / м², что значительно превышает показатели экономически развитых стран, в которых этот показатель равен 30...50 % от затрат энергии на отопление в нашей стране.

Вследствие неэффективного использования теплоты, нам приходится иметь дело с завышенными пропускными способностями тепловых сетей и тепловыми мощностями котельных. Из-за этого представляет интерес реконструкция систем теплоснабжения вместе с осуществлением мероприятий, которые позволяют уменьшить потребление тепла жилищно-коммунальным сектором. При этом должно сокращаться потребление газа и снижаться затраты на теплоснабжение [2].

Приблизительное распределение потерь теплоты, производимой в котельных, может быть представлено следующими данными:

1. Горячее водоснабжение около 10 %.
2. Избыточное отопление помещений примерно 30 %.
3. Стены 10 %.
4. Окна 35 %.
5. Распределительные тепловые сети около 15 %.

Среди главных причин потерь в тепловых сетях выделяют также слишком изношенную и ухудшенную теплоизоляцию, коррозия труб и утечки горячей воды.

Около 75 % тепловых сетей, которые эксплуатируются в городах России, уже давно превысили нормативный срок службы и нуждаются в замене на новые. Переход потребителей к автономному теплоснабжению может способствовать исчезновению данных потерь или сократить их в 3 раза до достижения нормативных значений потерь [4].

Отсутствие регулировки температуры в квартирах ведёт к избыточному отоплению помещений, так как в холодный сезон вследствие использования системы разводки труб на определённых этажах обеспечивается температура, которая превышает комфортную, а на других - не достаёт до неё. Ощутимые перерасходы теплоты происходят во время потеплений, когда нужда в отоплении сохраняется, но потребность в тепле резко уменьшается. В действительности регулировку температуры в сегодняшнем жилом фонде можно осуществлять и ручным способом, применение которого может

обеспечить экономию теплоты около 25 % от потерь на перегревание. Приборы автоматического регулирования позволяют снизить потери на отопление помещений до 80 %, но расходы на их установку и настройку будут значительно больше.

Расходы воды на одного человека в России в 3 - 4 раза выше аналогичного показателя для экономически развитых стран и превышают разумный уровень комфортного потребления. Причины этого состоят в низком качестве отечественного оборудования. За счёт установки европейского или американского оборудования расхода воды могли бы снизиться более чем в 2 раза.

Особенно в 5-этажных домах 70-х - 80-х гг. могут быть ощутимые потери теплоты через стены, но расходы на внешнюю изоляцию чрезмерно высоки. В связи с этим дополнительная изоляция может использоваться только в новом строительстве [5].

Потребность в газе на производство горячее водоснабжение и теплоты с учётом энергосберегающих мероприятий можно сократить почти на 80 % по сравнению с вариантом без энергосбережения. Это позволит снизить собственную тепловую мощность котельных. Однако, вместе с тем, вложения в энергосбережение более ощутимые ина порядок превышают расходы на теплогенерирующие мощности.

Таким образом, энергосберегающие средства ощутимо решить проблему низкой эффективности теплоснабжения в городах России, однако они нуждаются в слишком больших материальных затратах, способных оправдать себя только в далёкой перспективе. В то же время, не исключен риск появления непредвиденных проблем, которые связаны с переоборудованием устаревших систем и установкой новых, испытанных до сих пор в наших условиях эксплуатации установок. Следовательно, выход из сложившейся ситуации необходимо искать в области возможных комплексных решений, которые бы учитывали многофакторность воздействия на функционирование систем в целом, на уровне города [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Сравнение централизованного и децентрализованного теплоснабжения // Образование, наука, производство. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 1232-1236.

3. Бычихин С.А., Свириин М.В., Трубаев П.А. Оценка энергосберегающего эффекта при установке автоматизированных тепловых пунктов в образовательных учреждениях // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 129- 133.

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. Апсалямова Я.И., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Определение расхода энергетических ресурсов в зданиях // Образование, наука, производство. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 1183-1187.

УДК 621.039

Истратий И.И., Митина Д.А.

Научный руководитель: Сегедина О.А., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТЕРМОЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Термоядерный синтез — широко распространённый процесс не только в энергетическом аспекте человеческой деятельности, но и во всей Вселенной. Самыми большими естественными «реакторами» являются недра звёзд. Первые теории о процессе синтеза более тяжёлых атомных ядер из более лёгких с последующим получением энергии появились ещё в 1920 году, и были выдвинуты британским астрофизиком Артуром Эддингтоном, однако понадобилось ещё более десяти лет, чтобы описать этот процесс и найти ему подтверждения. Сейчас же термоядерный синтез считается достойной альтернативой ядерному распаду: он более чистый и мощный. Более того, в ядерные энергетики широко используют Уран-235, запасов которого, по предварительным расчётам, осталось на 150 лет. Дальше придётся искать новые источники энергии. В термоядерном же синтезе используются изотопы водорода: дейтерий и тритий, запасы которых практически неисчерпаемы. Дейтерий можно достаточно легко получать из вод Мирового океана, трития же в природе не встречается из-за периода полураспада равного всего 12,3 года, но его получают из лития-6 и «тяжёлой» воды ядерного реактора. Также плюсом термоядерного синтеза является энергоэффективность реакции. При

слиянии атомов дейтерия и трития выделяется около 17,6 МэВ — это около 170 миллиардов джоулей, что в несколько раз больше, чем при сжигании одного грамма угля, газа или нефти [1].

Однако, при всех преимуществах термоядерного синтеза над всеми другими видами добычи энергии, у него есть и существенные недостатки, над которыми работают учёные.

Одним из таких недостатков является взаимодействие плазмы с первой стенкой реактора (рисунок 1). Для наибольшей эффективности работы термоядерного реактора, важным фактором является чистота дейтерия и трития, использующихся в синтезе. Если вещество, из которого изготовлена внешняя стенка, имеет высокое зарядовое число (Z), то и в плазму будут поступать примеси с большим зарядовым числом. Ионы с высоким значением Z имеют очень много электронов, и поэтому они способны переизлучать большее количество энергии из плазмы, что приводит к ее потерям. Более того, в результате этого процесса плазма может даже потухнуть, поэтому выбор материала первой стенки достаточно важный фактор, который упирается в критерий, отвечающий за низкое Z .

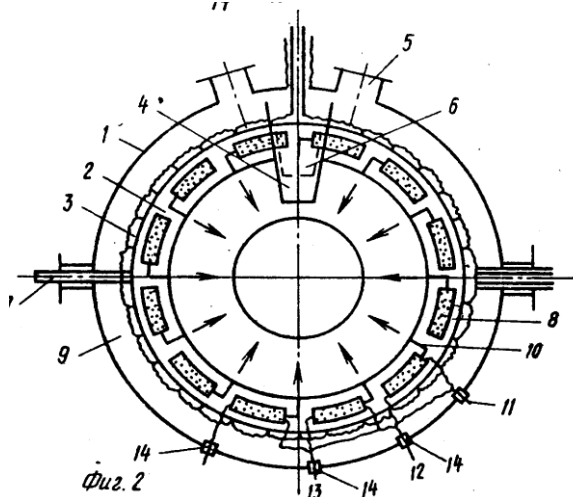


Рис. 1 Первая стенка термоядерного реактора: 1 — плазменная установка; 2 — внутренний слой, выполненный из высокотемпературного материала; 3 — наружный слой первой стенки; 4 — соосное отверстие; 5 — система откачки; 6 — подвижная заслонка; 7 — патрубок; 8 — генераторы трития; 9 — трубопроводы для протока теплоносителя; 10 — радиальные каналы, по которым рабочая смесь или тритий поступают во внутренний объем плазменной установки; 11 — общий электрод; 12, 13 — отдельный электрод для каждого генератора; 14 — герметичные изоляторы.

Долгое время для первой стенки реактора использовался графит. Это лёгкий материал, который очень слабо переизлучает энергию плазмы, но в последствии выяснилось, что он поглощает тритий. Это неконтролируемый процесс, и это является одной из основных проблем, так как тритий радиоактивен. Поэтому графит в настоящее время было принято заменить на бериллий — он поглощает меньше изотопа водорода и имеет меньшее зарядовое число [2].

Выбор материала первой стенки реактора — это неединственная проблема термоядерного синтеза. Сближение протонов, как одноимённых частиц требуют колоссальных значений энергий. В звёздах взаимодействие частиц происходит за счёт высоких показателей гравитационной силы, которых на Земле достичь невозможно. Единственным альтернативным вариантом является разогрев плазмы до температур выше, чем на поверхности Солнца. В таком случае плазма вовсе не должна взаимодействовать с первой стенкой реактора, иначе оборудование будет разрушено практически мгновенно.

Для решения этой проблемы обычно используется тороидальная камера — камера, повторяющая форму полого кольца внутри. Плазма внутри такой конструкции должна постоянно циркулировать, удерживаться и разогреваться постоянными магнитами. Данный вид установки для управляемого термоядерного синтеза называется токамаком (рисунок 2). В них, намотанные вокруг камеры реактора, магнитные катушки создают специальное поле, удерживающее плазму такое поле даёт плазме соприкоснуться со стенками реактора, тем самым заменяя все известные теплоизолирующие материалы, неспособные выдержать такие температуры. При этом через плазму пропускается ток, служащий для нагрева плазмы, а также для создания полоидального магнитного поля — магнитного поля, направленного вдоль линий, проходящий через полюсы сферической системы координат. В современных условиях такие магнитные поля существуют недолго — всего лишь несколько секунд, после чего плазма теряет свою стабильность. По этой причине токамаки пока не доступны для широкого применения. Альтернативой могут служить микроволновое излучение и введение в плазму нейтральных элементарных частиц дейтерия или трития.

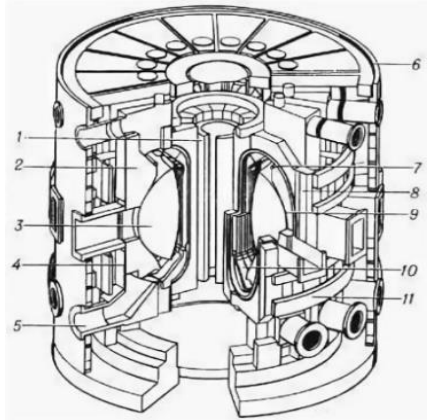


Рис. 2 Общий вид токамака на примере ITER. 1 — центральный соленоид; 2 — защита, внутренние элементы, воспринимающие тепловую нагрузку; 3 — плазма; 4 — вакуумная камера; 5 — патрубок вакуумной откачки; 6 — криостат; 7, 11 — катушки управления; 8 — катушка тороидального поля; 9 — первая стенка; 10 — диверторные пластины

Также перед учёными и инженерами при нынешнем уровне развития технологий стоит ещё одна задача: добиться того, чтобы расход энергии, потраченный на нагрев вещества до уровня плазмы и его поддержания в таком состоянии, несмотря на постоянную потерю тепла, упал ниже, чем количество выделяемой в ходе реакции энергии.

Ещё одной сложной проблемой является нестабильность локализованных краевых потоков плазмы. Если её игнорировать, то плазма может разрушить внутреннюю поверхность вакуумной камеры. Но последние исследования на KSTAR Tokamak показали, что эту проблему вполне можно решить, что крайне важно [3]. Одним из способов её решения является создание внешних магнитных полей, которые будут подавлять нестабильность. Интерес представляет то, что некоторые асимметричные конфигурации магнитного тока термоядерных установок такого типа могут быть полезными в удержании плазмы в стабильном состоянии. Главные действия при решении проблемы нестабильных краевых потоков плазмы — определение полезных или же «правильных» асимметрий. Для решения этой проблемы были смоделированы упрощённые модели совокупностей магнитных полей, которые поддерживают плазму в стабильном состоянии, и уже на их основе учёные определяли, какие асимметричные конфигурации будут полезными. Главным критерием было то, что внутренние слои плазмы не должны были испытывать

влияние факторов, воздействующих на внешние слои. Учёные также хотят проверить, как другие поля будут влиять на плазму, и какие из них будет возможно рационально использовать для стабильного поддержания плазмы и препятствовать её разрушительным свойствам.

Помимо токамаков существуют стеллараторы. Они называются так из-за схожестей процессов, происходящих в реакторах, с теми, что происходят в недрах звёзд. Основное отличие стеллараторов от токамаков заключается в конструкции магнитной ловушки [4]. В стеллараторах для удержания плазмы используются только внешние катушки, создающие силовые линии, которые впоследствии вращаются вокруг камеры. Такой механизм, в теории, позволяет использовать магнитную катушку в непрерывном режиме. В стеллараторах практически всегда применяется смесь дейтерия и трития, которую вводят в вакуумный сосуд камеры. При этом в сейчас уже не используют простую форму камеры — обычный тор. Приоритет отдаётся сложным моделям, часто созданным с применением компьютерного моделирования. Цель усложнения и изменения формы камер — наибольшая эффективность удержания плазмы.

При этом стеллараторы не получили такого массового распространения, как токамаки, во многом из-за более сложной конструкции и меньшей эффективности в нынешних реалиях. Крупней стелларатор Wendelstein 7-X был построен в Германии в 2015 году, и по расчётам время непрерывного воздействия электромагнитов на плазму в нём должно было составлять до 30 минут. Достижение такого результата могло продемонстрировать возможность использования данных конструкций термоядерных установок для долгосрочной генерации электроэнергии. Однако, в ходе экспериментов удалось достигнуть максимальной температуры в 40 000 °С, а время работы достигло всего лишь 100 секунд [5].

Форма стелларатора была спроектирована инженерами, которые опирались на теорию причёсывания ежа. Данная теория гласит о том, что невозможно причёсать свернувшегося ежа таким способом, чтобы у него не торчало ни одной иголки, отсюда и происходит название теории. Опираясь на неё, учёные создали модель стелларатора, в которой линии магнитной индукции «причёсаны» таким образом, что ядерный синтез продолжается по всему замкнутому контуру в центре камеры.

Термоядерные реакторы — наиболее перспективный вариант развития энергетики, который в будущем сможет частично или полностью заменить ядерную энергетику и другие виды добычи энергии. Подход к термоядерному синтезу с годами меняется и учёные

находят новые способы совладать с ним. Это поможет людям повторить процессы, происходящие внутри Солнца для получения энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егоров И. Будущее термоядерной энергетики: ждет ли нас эра мирного атома? // ПопМех. 2022 [1-2]
2. Митришкин Ю. В., Корнев П. С., Прохоров А. А. и др. Управление плазмой в токамаках. Ч. 1. Проблема управляемого термоядерного синтеза. Токамаки. Компоненты систем управления //Проблемы управления. 2018. №. 1.
3. Park J. K., Jeon Y. M., Y in, et al. 3D field phase-space control in tokamak plasmas //Nature Physics. 2018. Том 14. №. 12. с. 1223-1228 [3]
4. Toshiba Как укротить термоядерный синтез и зачем он нам нужен? // Хабр. 2020 [4]
5. Wolf R. C., Alonso A., Akäslompolo S., et al. Performance of Wendelstein 7-X stellarator plasmas during the first divertor operation phase //Physics of Plasmas. 2019. Том 26. №. 8. с. 082504 [5]

УДК 621.311.22

Ишалин А.В., Гаффанова А.Р.

Научный руководитель: Титов А.В.

*Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

PROMISING AREAS FOR HYDROGEN PRODUCTION

The European Union is currently trying to minimize carbon footprint in the energy sector. On July 8, 2020, the EU signed hydrogen strategy, which includes the transition from the use of natural gas to hydrogen [1]. The use of hydrogen is a promising [1]. The use of hydrogen is very promising and can be used as the main and reserve fuel fuel for power boilers of gas and steam at the moment. There is a great potential for transition from gas fuel to hydrogen fuel. This is caused by high energy characteristics of hydrogen [2, 3].

Table 1 – Comparison of methane and hydrogen parameters

Parameter	Hydrogen	Methane
Specific heat of combustion, MJ/kg	140...120	50
Boiling point, K	20,28	111,42

Density under normal conditions, kg/m ³	0,08987	0,6682
--	---------	--------

Today most industrial companies are focused on improving energy efficiency and decarbonizing their production. Energy efficiency can be achieved by applying new technologies and the replacement of energy equipment. In order to minimize minimization of harmful emissions from energy production, it is necessary to:

- Reduce the amount of carbon in exhaust gases of gas turbines and power boilers;
- Control of carbon formed after the combustion of organic fuel fossil fuel;
- Carbon sequestration and use in the production of useful products;
- Use hydrogen and CO₂, CO to create synthesis gases.

An alternative to hydrocarbon fuels (natural gas, kerosene) can be hydrogen. Currently, there are several ways of hydrogen production. The most promising methods are gasification of coal, electrolysis of water, steam conversion of natural gas.

The above-mentioned methods differ in environmental friendliness of production of production and the cost of produced gas.

According to the production method, hydrogen is divided into blue (blue), green and gray.

The figure shows a block diagram of hydrogen production by conversion, gasification and plasma pyrolysis.

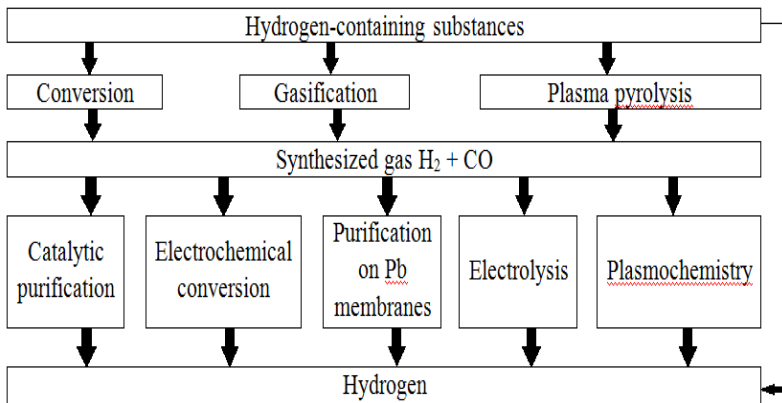


Figure 1. Block diagram of hydrogen production by conversion, gasification and plasma pyrolysis

"Gray" refers to hydrogen produced from fossil hydrocarbons, such as oil, natural gas, and coal. When it is extracted, it is not cleaned of impurities, so its energy performance lowers than that of natural gas. Producing this hydrogen uses a lot of fuel and is therefore less environmentally friendly because production releases a lot of additional CO, CO₂ and NO_x. And these vary depending on the fuel.

However, it is worth noting that this type of hydrogen is the cheapest in production.

"Blue" hydrogen is not much different from "gray" hydrogen. It is the same extracted from natural fossils. The only and important difference is the presence of an additional installation, which allows capturing carbon dioxide from exhaust gases. This system is called "CCS" and stands for "carbon capture storage" [4]. It should be noted that the presence of "CCS" significantly purifies the final product, but makes its production more expensive. It should be noted, that neither "blue" nor even less "gray" hydrogen are uncompromisingly clean fuels. Because even in the case of "blue" hydrogen, in the production process, there is CO, CO₂ and NO_x.

"Green" hydrogen is the cleanest, according to the production method. At the moment there are two main directions of "green" hydrogen production: from biomass and by means of electrolysis of water.

The most environmentally friendly way to produce hydrogen today is electrolysis of water. This method does not emit CO, CO₂ and NO_x, but it is the most expensive way of hydrogen production. This, according to PJSC Gazprom data, to produce 1 cubic meter of hydrogen by methane pyrolysis only 0.7...3.3 kWh, and by electrolysis - 2.5...8 kWh, i.e. almost three times more.

REFERENCES

1. Belov V.B. Novyye vodorodnyye strategii FRG i YES: Perspektivy kooperatsii s Rossiyeu (транслит.) [New hydrogen strategies of Germany and the EU: Prospects cooperation with Russia (англ.)]. Materialy Zhurnala obshchestvenno-politicheskikh issledovaniy «Sovremennaya Yevropa 2020» (транслит.) [Materials of the Journal of Socio-Political Research "Modern Europe 2020" (англ.)] Institut yevropy rossiyskoy akademii nauk (транслит.) [The institute of europe of the russian academy of sciences (англ.)] 2020. P. 65–76. (In Russian)
2. Maryin G.E., Osipov B.M. Kriterii vybora sostavov topliva pri ikh szhiganii v gazoturbinnnykh ustanovkakh s neznachitel'nymi peredelkami toplivnoy sistemy (транслит.) [Criteria for selecting fuel compositions when they are burned in gas turbine plants with minor alterations fuel system

(англ.)] Materialy iz Vestnika Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (транслит.) [Materials from the Bulletin of the Irkutsk State Technical University of Science (англ.)] 2020. Т. 24, No 2 (151). P. 356–365. (In Russian)

3. Maryin G.E., Osipov B.M., Zunino P., Mendeleev D.I. Vliyanie sostava topliva na energeticheskiye parametry gazoturbinnoy ustanovki (транслит.) [Influence composition of the fuel on the energy parameters of the gas turbine plant (англ.)] Materialy Zhurnala Izvestiya vuzov. Problemy energetiki (транслит.) [Materials from the News Universities. Energy issues (англ.)] 2020. Т. 22, No 5. P. 41–51.

4. Bleakley D. TEKHNOLOGIYA CCS - RESHENIYE PARNIKOVOY PROBLEMY? (транслит.) [CCS TECHNOLOGY - THE SOLUTION TO THE GREENHOUSE PROBLEM? (англ.)] Materialy Zhurnala EKOLOGIYA I ZHIZN' (транслит.) [Materials of the Journal ECOLOGY AND LIFE (англ.)] 2012. № 3. P. 51–53.

УДК 662.767.2

Капустина Е.В.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Любой технологический процесс является энергозатратным, в качестве источников для получения тепла и электричества выступают в большинстве случаев полезные ископаемые.

На данный момент одной из самых актуальных проблем, стоящих перед нашей страной и всем миром, является уменьшение энергопотребления и более рациональное использование энергоресурсов. Достичь этого можно развитием энергосберегающих технологий. Актуальной проблемой в мире является уменьшение энергопотребления. Энергосбережение взаимосвязано с развитием нетрадиционной энергетики, которая основывается на использовании возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсах (ВЭР).

Энергосбережение в последнее время рассматривается во взаимосвязи именно с развитием нетрадиционной энергетики, которая основывается на использовании возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсах (ВЭР).

Использование ВЭР очень выгодно, поскольку оно позволяет снизить экономические затраты на выработку энергии и не усугубить экологическую ситуацию на планете. Таким образом, использование ВЭР является одним из наиболее действенных методов предотвращения энергетического и экономического кризиса всемирного масштаба [1].

Одним из самых перспективных направлений использования ВЭР является биоэнергетика. Это древнейшая из отраслей энергетики. Биотопливо обеспечивало большую часть потребностей человечества в энергии вплоть до второй половины 19 века. Потом человечество начало использовать другие ресурсы – сначала уголь, затем нефть и природный газ. В то время они считались дешевыми и неисчерпаемыми источниками энергии. Возрождением биоэнергетики считают 70-ые годы 20 века. Тогда мировой кризис показал, что дешевизна и неисчерпаемость не являются ведущими показателями. Тогда и начались поиски возобновляемых и альтернативных источников энергии, которые могли бы конкурировать с газом, углем и нефтью. На сегодня самым перспективным является биотопливо.

Биотопливо – это тот же энергоноситель, который хранит энергию, но полученную из биомассы. Для производства биоэнергии в самых разных формах можно использовать широкий спектр источников биомассы [7]. Так, для получения электричества, тепла, тепловой энергии и других форм биоэнергии можно использовать промышленные и бытовые отходы; продукты питания, волокна и отходы деревообработки; энергетические культуры, культуры с коротким вегетационным периодом и сельскохозяйственные отходы; отходы лесного хозяйства.

В актуальности производства биотоплива не стоит сомневаться, так как, по данным МЭА (Международного энергетического агентства), к 2030 г. потребление энергии возрастет на 60%, что потребует увеличения производства различных видов энергоносителей, в том числе ВЭР. При этом повышаются требования к их экологической безопасности.

В 2001 г. вклад в энергобаланс мира топлива из биомассы составлял 1,1 - 1,2 млрд. т нефтяного эквивалента (н.э.) при общем вкладе всех ВИЭ- 1,36 млрд. т н.э., а общий объем производства энергии в мире был равен 10 млрд. т н.э.

По данным МЭА мировое производство биотоплива с каждым годом растет – с 16 млрд. литров в 2000 году, до 110 млрд литров в 2012 году. На данный момент биотопливо обеспечивает около 3% от общего количества топлива, используемого транспортом в мире [3].

В 2003 г. в общем энергобалансе Европейского Союза использование топлива из биомассы составило 3,6%, что несколько выше, чем использование всех остальных ВИЭ (около 3,5%) [4].

Биогаз – газ, который образуется путем анаэробного метанового сбраживания биомассы. Такой газ состоит из метана (50-75%), углекислого газа (15-45%), а также небольшое количества аммиака, оксида азота, оксида серы. Он является альтернативным источником топлива, отличным от обычного ископаемого топлива. Это было предметом технологического исследования по совершенствованию его производства и использования. В течение нескольких десятилетий использование биогаза пропагандировалось, особенно среди тех, кто занимается животноводством. Со временем использование биогаза доказало свою экономичность и экологичность.

Биогаз получают на специальных технологических комплексах-биогазовых установках. модульной сборки. Основными составными частями установки являются: весовой дозатор с мешалкой, подогреватель и биореактор с мешалкой и встроенным газгольдером. Принцип работы биогазовой установки построен на основе анаэробного брожения, т. е. получение газа происходит в результате переработки бактериями субстрата без доступа кислорода. Важную роль в обеспечении стабильного количества выделяемого биогаза играет температура субстрата и его постоянный массообмен. Как правило, процесс образования протекает с температурой 41-43°C.

Комплектация биогазового комплекса зависит в большей мере от вида используемого сырья, а также цель (производство тепловой энергии для собственных нужд или выпуск электроэнергии).

Энергия сырого биогаза состоит из 57% горючего элемента и 43% негорючих элементов, содержащих углекислый газ (36%), водяной пар (5%), сероводород (0,5%), азот (1%), кислород (0-2%) и аммиак (0-1%). Из этого следует, что биогаз следует очищать. Система фильтрации состоит из шести этапов: этап 1 представляет собой фильтр водяного скруббера, предназначенный для удаления углекислого газа и следов сероводорода; стадия 2 представляет собой силикагельный фильтр, предназначенный для уменьшения водяного пара; стадия 3 представляет собой фильтр для губки железа, предназначенный для удаления оставшегося сероводорода; стадия 4 представляет собой фильтр раствора гидроксида натрия, предназначенный для удаления элементарной серы, образующейся при взаимодействии сероводорода и губки железа, и для дальнейшего удаления углекислого газа; стадия 5 представляет собой силикагельный фильтр, предназначенный для дальнейшего удаления водяного пара, полученного на стадии 4; и

стадия 6 представляет собой фильтр с активированным углем, предназначенный для удаления углекислого газа. Система фильтрации смогла снизить уровень негорючих элементов на 72% и, таким образом, увеличить горючий элемент на 54,38%. Нефильтрованный биогаз способен генерировать 16,3 кВт, в то время как отфильтрованный биогаз способен генерировать 18,6 кВт. Увеличение концентрации метана привело к увеличению выходной мощности на 14,11%.

Применения биогаза состоит в превращении его в источник тепловой и электрической энергии. Но, стоит заметить, что крупные биогазовые станции могут использоваться в качестве источников ценных химических продуктов.

Произведенный биогаз можно направить в газосжигающие установки, вырабатывающие энергию [9], которая впоследствии направляется для отопления, снабжения АБК для работы водонагревателей, газовых плит, двигателей внутреннего сгорания.

Самым элементарным способом является сжигание биогаза в газовых горелках, так как газ можно напрямую подводить к ним из газгольдеров под низким давлением [9].

Биогаз можно использовать и как топливо для сельскохозяйственной техники и автомобилей [8]. Правда, для этого нужно устанавливать дополнительные системы очистки биогаза. С учётом того, что цены на топливо растут неустанно, заправка биогазом придётся как нельзя к месту. К тому же, побочным продуктом при очищении биогаза является углекислый газ, и его тоже можно использовать – в технических целях, для газировки или как сухой лёд [5].

Самым перспективным и выгодным выбором на сегодня можно считать разработку когенерационных электростанций, работающих на базе микротурбинного оборудования. Актуальность данных установок объясняется их уникальными техническими возможностями. Так, например, они имеют возможность работы без газоподготовки на различных видах топлива. Микротурбинное оборудование, функционирующее в когенерационном режиме, позволяет почти на четверть нарастить эффективность использования топлива и вдвое снизить эксплуатационные затраты (в сравнении с традиционными газопоршневыми устройствами).

Также экономически выгодной можно назвать выработку электричества из биогаза с использованием топливных элементов. В данном случае обеспечивается прямое преобразование газа в электроэнергию, не требующее его сжигания. Такой способ можно

назвать экологически чистым процессом. Таким образом так же достигается более высокий КПД. Топливные элементы в данном случае являются простыми ячейками (своеобразными аккумуляторами), в которых идут химические реакции горючих веществ с окислителями. Вследствие этих реакций вырабатывается электричество. Однако до конца задача эффективного использования биологического газа в топливных элементах пока не разрешена, поскольку их мембраны подвержены разрушению ввиду воздействия содержащихся в биогазе веществ [6].

Иностранная научная периодика свидетельствует о том, что в данное время исследования, связанные с поиском материалов для выполнения мембран, находятся в завершающей стадии. В частности, установлено, что малую восприимчивость к загрязнению имеют высокотемпературные материалы. Присутствие CO_2 в составе биогаза (15–50%) позволило немецким специалистам применить при производстве электроэнергии топливные компоненты группы MCFC, способные функционировать в среде, создаваемой биогазом. На катод таких компонентов, имеющих КПД 49%, подается биогаз, а на анод – кислород.

Показатель себестоимости получения из биологического газа по схеме когенерации 1 кВт·ч электрической энергии составляет 0,16–0,25 руб. Однако, если применять газ исключительно для выработки электричества, то его себестоимость превысит себестоимость сетевой электроэнергии примерно на 35%. Гораздо выгоднее обеспечить переработку отходов на биогазовой установке с обеспечением одновременного получения: газа; тепла; электричества; топлива для автомашин; биологических удобрений.

В последнее время использование биогаза в качестве топлива для промышленных котлов приобретает все большую актуальность. Это вызвано как минимум тремя причинами:

- а. высокой стоимостью природного газа;
- б. необходимостью очистки городских и промышленных сточных вод, в результате которой как остаточный продукт образуется биогаз;
- с. усилением внимания к выбросу парниковых газов, в первую очередь CO_2 , CH_4 .

Применение горелочных устройств для сжигания природного газа для работы на биогазе без изменения конструкции и режимов подачи топлива практически невозможно [2]. По этой причине стоит задуматься о переоборудования горелочных устройств для совместного и раздельного сжигания биогаза и природного газа или иного топлива [10].

В связи с особенностями процесса получения биогаза объемы его не всегда постоянные.

Для обеспечения надежного теплоснабжения рекомендуются горелочные устройства, позволяющие обеспечить работу котла на биогазе или на природном газе, а также наладить правильный процесс горения в котле при одновременном сжигании биогаза и природного газа в одном топочном устройстве (по мере необходимости).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зонов В.Д., Туник А.О. Альтернативные виды энергии // Сб. докл. X Межд. научно-практ. конференции студентов, аспирантов, молодых ученых. Том 1. Губкин: БГТУ, 2017. С. 236-239.
2. Евстюничев 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.
3. Трухачев В.И., Атанов И.В., Капустин И.В. Техника и технологии в животноводстве. Ставрополь: СтГАУ, 2015. 404 с.
4. ГОСТ Р 52808-2007 Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 2009. 13 с.
5. Леонов Е.С., Трубаев П.А. Исследование влияние состава биогаза на свойства факела // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 183-189.
6. Суслов Д.Ю. Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственного предприятия с использованием биогаза // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 183-186.
7. Виноглядов А.А., Недосеков В.В., Мамонтов А.Ю., Шаршуков Н.О. Газовая турбина и газопоршневой двигатель в системах электроснабжения агропромышленных предприятий // Энергобезопасность и энергоснабжение. 2016. № 2. 31-34 с.
8. Молоканов А.А., Энгватов В.П. Перспективы применения биогазовых установок в агропромышленном комплексе Тамбовской области // Форум молодых ученых. 2018. № 5-2 (51). С. 697-699.
9. Иванов Ю.В. Газогорелочные устройства. М.: Недра, 1972. 276 с.
10. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Расчет совместного сжигания биогаза и RDF топлива // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 173-182.

УДК 699.866

Капустина Е.В.

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

ОБЗОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ БЕТОНА

Говоря о бетоне, многие представляют себе что-то очень тяжелое. И не все знают о том, что существуют различные виды бетонной смеси и изделий из нее с широкой сферой применения в различных областях строительства.

Бетон может обладать широким спектром характеристик, что позволяет использовать его в самых разных строительных направлениях. Наибольшее значение в наши дни имеет прочность данного материала, которая достигается после застывания. При этом следует обратить внимание и на другие показатели, к числу которых относится теплоизоляция. Обычные бетоны не обладают данной характеристикой в достаточной мере. Теплоизоляционные свойства появляются в результате того, что присутствует пористая структура. За счёт этого, тепло эффективнее удерживается, поскольку воздух его пропускает в несколько раз хуже твёрдых материалов

Бетонное здание с теплоизоляцией играет важную роль в обеспечении экологической устойчивости. Здания являются одним из крупнейших потребителей энергии во всем мире. Таким образом, значительное энергосбережение может быть реализовано в зданиях с надлежащими материалами и эксплуатацией. Системы теплоизоляции в настоящее время в основном применяются для таких ограждающих конструкций, где материалы несущей конструкции, такие как бетон, не обладают существенной теплоизоляционной способностью. Теплоизоляцией в бетоне являются материалы или комбинации материалов, которые используются для обеспечения сопротивления тепловому потоку, должны иметь низкую теплопроводность для строительства. Применение для представления градиента температуры, оказывает важное влияние на теплообмен между зданием и атмосферным воздухом. Цель этой статьи состоит в том, чтобы рассмотреть тепловые свойства, включая тепловые теплопроводность и удельная теплоемкость на различных типах бетона.

Использование теплоизоляции здания становится большим потенциалом для снижения тепловой нагрузки здания и, как следствие,

его энергопотребления, особенно в жаркую погоду [1]. Таким образом, системы теплоизоляции приводят к улучшению экономических аспектов зданий. Изоляционные материалы могут быть изготовлены в различных формах, включая сыпучую форму, блочную форму, форму плиты, форма трубы, жесткая форма, вспененный или отражающий [2]. Выбор правильной формы изоляционного материала и типа зависит от вида применения, а также от желаемых физических, тепловых и других свойств материала. Теплоизоляционные материалы, натуральные или синтетические материалы, зависят от температуры. Свойства меняются в зависимости от их характеристик и влияющего диапазона температур [3]. Теплоизоляция очень важна в широком спектре научных и промышленных применений, особенно в строительстве зданий, где был разработан ряд различных методов измерения теплопроводности для различных экспериментальных условий и для различных материалов в бетоне.

Бетон, как правило, обладает хорошими свойствами огнестойкости и, таким образом, находит широкое применение в зданиях и домах и других строениях, где пожарная безопасность является одним из основных соображений. Свойства бетона, необходимые для анализа огнестойкости: тепловые, механические, деформационные и специальные. Тепловые свойства в основном определяются теплопроводностью, удельной теплоемкостью, температуропроводностью, тепловым расширением и потерями. Теплопроводность определяется как отношение скорости теплового потока к градиенту температуры и представляет собой равномерный поток тепла через бетон единичной толщины на единицу площади при единичной разности температур между двумя противоположными сторонами. Значение теплопроводности обычного бетона колеблется от 0,62 до 3,3 Вт/м/К, что более чем в пять раз в зависимости от типа крупного заполнителя, состояния влажности и температуры. Однако легкие теплоизоляционные бетоны с пенополистирольными шариками или легковесные ячеистый бетон демонстрирует теплопроводность от 0,07 до 0,33 Вт/м/К [4]. Удельная теплоемкость – это количество теплоты, приходящееся на единицу массы, необходимое для изменения температуры материала на 1°, и обычно выражается в виде теплового сопротивления. Удельная теплоемкость сильно зависит от влагосодержания, типа заполнителя и плотности бетона.

Теплоизоляционные бетоны – материалы, имеющие низкую плотность (до 500 кг/м³) и минимальную теплопроводность. Используются при производстве элементов утепления. Не приспособлены для восприятия несущей нагрузки. В качестве

теплоизоляционных наиболее популярны ячеистые бетоны – искусственные стройматериалы с поризованной структурой.

Изделия из низкоплотных ячеистых бетонов применяются для утепления: чердачных перекрытий; стеновых конструкций – в качестве теплоизоляционного слоя в многослойных стенах; промышленного оборудования – для оборудования, эксплуатируемого при высоких температурах, применяют жаростойкие разновидности материалов, способные выдерживать до $+700^{\circ}\text{C}$.

Тепловые свойства определяют количество теплопередачи внутри материалов. Эти свойства различаются по мере зависимости от температуры и состава и характеристик бетона. Тепловые свойства обычного бетона, зольного бетона, высокопрочного бетона и модели бетона по Еврокоду измеряли в условиях высоких температур в диапазоне $20\text{--}800^{\circ}\text{C}$ как по удельной теплоемкости, также проводили испытания на проводимость.

Удельная теплоемкость для всех типов бетона остается почти постоянной до 300°C , а затем увеличивается между 650°C и 800°C , что показано на (рисунке 1). То есть, удельная теплоемкость имеет линейную зависимость от температуры.

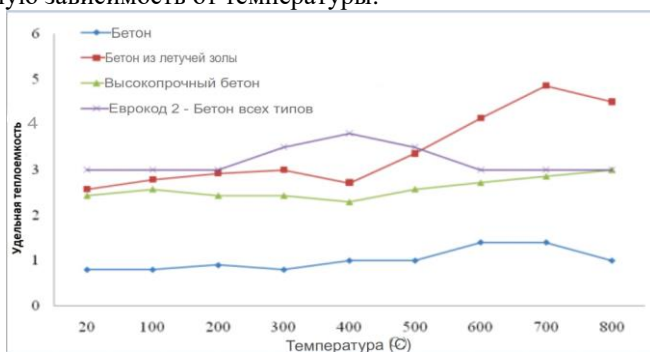


Рис. 1 Удельная теплоемкость при повышенной температуре различных видов бетона

Бетон с летучей золой демонстрирует несколько более высокие значения удельной теплоемкости при любой температуре по сравнению с другими типами бетона. Это может быть связано с различной проницаемостью бетона. Проницаемость зольных бетонов менее проницаема по сравнению с другими бетонами. Следовательно, дополнительное тепло поглощается для высвобождения связанной воды в менее проницаемых бетонах, которые демонстрирует бетон с летучей золой с более высокими удельными тепловыми значениями. Удельная

теплоемкость всех бетонов снижается с 700°C до 800°C, так как при этой температуре происходит разложение самого бетона из твердого состояния в жидкое. Также можно сделать вывод, что на удельную теплоемкость бетона влияют физико-химические процессы, происходящие в цементной массе и заполнителе над 600°C [5].

Теплопроводность всех типов бетона снижается с повышением температуры, как показано на рис. 2. Теплопроводность снижается примерно на 50% при 800°C по сравнению с нормальной температурой. Результат теплопроводности уменьшается с температурой, и это уменьшение зависит от свойства бетонной смеси, в частности от влажности и водопроницаемости. Следовательно, теплопроводность для зольного бетона следует той же тенденции, что и для высокопрочного бетона. Результат теплопроводности уменьшается с потерей влаги и диссоциацией небольшого количества присутствующей физически связанной воды в бетоне из-за повышения температуры [5]. Эти свойства сильно зависят от температуры. в целом плотность, проводимость и коэффициент диффузии уменьшаются с повышением температуры. «Еврокод» устанавливает два предела теплопроводности бетона, но без привязки к типу бетона.

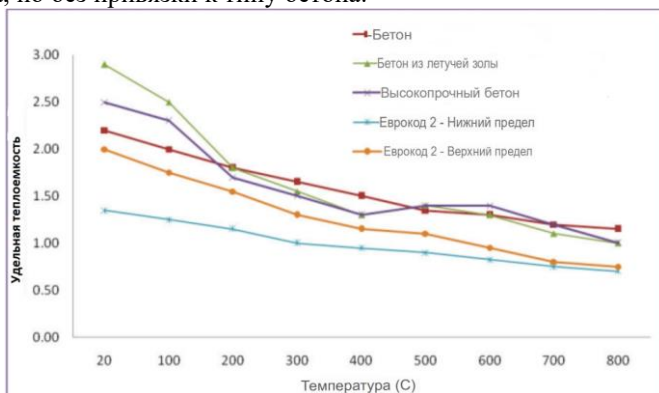


Рис. 2 Теплопроводность при повышенной температуре различных видов бетона

Тепловые свойства, влияющие на рост и распределение температуры в бетоне, — это тепловые свойства: проводимость, удельная теплоемкость и потеря массы. Хороший теплоизоляционный материал имеет более высокую удельную теплоемкость, потому что это требует времени для поглощения тепла, прежде чем он нагреется (температура повышается) для передачи тепла. Низкая теплопроводность и температуропроводность приводит к хорошим

тепловым характеристикам, которые могут снизить потери энергии и снизить температурный эквивалент окружающей среды через бетонный слой здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abdou A.A., Budaiwi I.M. Comparison of Thermal Conductivity Measurements of Building Insulation Materials under Various Operating Temperatures // Journal of Building Physic. 2005. Vol 29, Issue 2. P. 171-184.

2. 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.

3. Логанина В.И., Фролов М.В., Арискин М.В. Влияние вида наполнителя на механизм передачи тепла в теплоизоляционных штукатурках // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 6-10.

4. Косухин М.М., Косухин А.М., Шаповалова А.С. Энергоэффективные материалы и технологии для теплоизоляционных фасадных систем гражданских зданий // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 164-171.

5. 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.

УДК 621.577.6

Капустина Е.В.

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

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ

Тепловой насос (холодильная установка) – устройство для передачи тепла от низкотемпературной среды к высокотемпературной среде, совершая работу. Принцип работы теплового насоса и холодильной установки точно такие же, с термодинамической точки зрения, - принцип обратного цикла Карно. Вещество, при испарении, поглощает тепло, а после конденсации на поверхности, отдает его.

Именно этот закон лежит в основе холодильников и кондиционеров. Тепловой насос работает как эти бытовые приборы, только в «обратную сторону». Между тепловым насосом и холодильной установкой разница лишь в области применения: если необходимо получить тепло, то он известен как тепловой насос, иначе - как холодильная установка.

Система кондиционирования воздуха в здании должна, как правило, удовлетворять потребителя как в зимнее время, так и в летнее. Обычная система кондиционирования обычно требует установки источника холода (охладитель) и источника тепла (котел). Угольные котельные являются наиболее важным источником загрязнения воздуха; хотя котел на мазуте и природном газе уменьшил загрязнение атмосферы, выбросы парниковых газов (CO₂) по-прежнему вызывает экологические проблемы, а эксплуатационные расходы очень высоки. Система кондиционирования здания должна иметь источник холода (охладитель), если она находится в зимнем режиме работы теплового насоса, можно сохранить котельную и бойлерную, а также не только экономит много первоначальных инвестиций, но и дает возможность использовать электричество весь год, полностью решает проблему загрязнения воздуха. Кроме того, использование системы кондиционирования воздуха с тепловым насосом также может привлечь во внимание подачу горячей воды для бытовых нужд без дополнительного потребления энергии.

Воздушный тепловой насос. Бытовые системы теплоснабжения и ГВС, на базе воздушных теплонасосов, очень эффективны для применения в умеренных широтах РФ. Средний COP (коэффициент преобразования) 3. Получается, что на каждый потраченный 1кВт, приходится 3 кВт продуцируемой тепловой энергии.

Принцип работы такой же, как и в тепловых насосах других модификаций, но с определенными отличиями: конденсатор располагают внутри бойлера накопителя, соединенного с системой отопления и ГВС; тепло, выделяемое при конденсации фреона, используется для косвенного нагрева теплоносителя; с помощью циркуляционного насоса, нагретый теплоноситель поступает в систему ГВС и отопление.

Такой тепловой насос может заменить бойлер. Интенсивность нагрева теплоносителя варьируется от +30°C до +60°C. При температуре ниже -15°C, включается комбинированное теплоснабжение с воздушным теплонасосом, что незаменимо в условиях холодного климата. Недостаток тепла компенсирует любой котел (электричество, газ, дрова).

Водяной тепловой насос. Водяные тепловые насосы в качестве источника тепла используют подземные воды и открытые водоемы. Даже в зимнее время источники имеют положительную температуру и требуют незначительного ее повышения для выполнения функций отопления и подготовки горячей воды, что позволяет Вам значительно экономить на электроэнергии.

Технология кондиционирования воздуха с тепловым насосом из подземных вод, также известная как «кондиционирование воздуха с температурой грунта». Он извлекает подземные воды для высвобождения тепла от теплового насоса и перезаряжает его. Популяризация этой технологии очевидна: преимущества энергосбережения и защиты атмосферной среды. Насосные технологии в кондиционировании воздуха также сыграли положительную роль. Однако этот «тепловой насос источника грунтовых вод» также имеет очевидные врожденные дефекты. Прежде всего, этот способ добычи подземных вод требует участок, богатый грунтовыми водами, в качестве предварительного условия, если уровень грунтовых вод низкий, потребляемая мощность насоса значительно снизит эффективность системы. Кроме того, теоретически извлекаемые подземные воды будут пополняться в слой подземных вод, скорость подпитки во многих геологических условиях намного ниже скорости откачки, что приводит к потере ресурса подземных вод. Как обеспечить, чтобы подземные воды не загрязнялись в процессе - сложная тема. Водные ресурсы в настоящее время являются самым дефицитным, самым ценным ресурсом, любые отходы водных ресурсов или их загрязнение категорически не допускаются. Поэтому мы должны с осторожностью относиться к популяризации этой технологии [1].

Геотермальный тепловой насос. Такой насос может быть использован для нужд отопления, кондиционирования воздуха, охлаждения, а также обеспечивать горячей водой, система может заменить котел, кондиционер для отопления и охлаждения здания. Геотермальный тепловой насос имеет очевидные преимущества. Не только экономит много энергии, но и с комплектом оборудования может также удовлетворить потребности в отоплении, охлаждении, ГВС, уменьшая тем самым первоначальные инвестиции в оборудование. Такие насосы можно использовать в гостиницах, жилых домах, фабрики, торговые центры, офисные здания, школы и другие здания [2]. Обслуживание простое, более надежен, высокая степень автоматического управления, дистанционное управление, без использования персонала.

Преимущества. Выбросы загрязняющих веществ тепловым насосом с наземным источником по сравнению с воздушным тепловым насосом эквивалентны снижению более 38%. По сравнению с электрическим отоплением – более чем на 70%, реальное энергосбережение достигнуто сокращением выбросов и потерь энергии.

Выбор подземной трубы теплового насоса из полиэтилена и полипропилена делает срок службы около 50 лет, что на 35 лет больше, чем средний срок службы кондиционера. Такая система не сбрасывает во окружающую среду отработанные газы, сточные воды. Считается самым экологичным и самым эффективным отопительным устройством и системой охлаждения. Система может применяться как в холодные регионы, так и теплых [3].

Водный тепловой насос. Преимущества. Водяной тепловой насос является наиболее энергоэффективным (КПД) в системе кондиционирования, охлаждения и отопления. Температура воды (12-22 °С) зимой выше температуры окружающего воздуха, поэтому температура испарения цикла теплового насоса увеличивается, а коэффициент энергоэффективности также улучшается [5]. Пока летняя температура воды 18-35°С ниже температуры окружающего воздуха, поэтому охлаждение температура конденсации снижается, что делает охлаждающий эффект лучше, чем с воздушным охлаждением, тем самым повышая эффективность агрегата.

Поверхностная вода как источник холодного тепла, выделяющая тепло или поглощающая тепло, не потребляет водных ресурсов, не вызывает загрязнение. Происходит ликвидация котельных и подсобных угольных хранилищ. Площадь машинного отделения намного меньше, чем у обычной системы кондиционирования воздуха, что позволяет экономить пространство под строительство.

Следовательно, тепловой насос не вносит загрязнения, дыма, отходы, сточные воды, отработанного газа и пыли, очень дружелюбный к окружающей среде, является идеальным зеленым продуктом [4].

Система теплового насоса как новая технология, соответствует текущей тенденции энергосбережения, сокращению выбросов, энергично позволяет развивать направление низкоуглеродной экономики в последние годы. Хотя и проблем еще много, но с непрерывным развитием различных технологий и улучшения, я считаю, что технология теплового насоса в будущем имеет широкие перспективы развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубаев П.А., Гришко Б.М. Тепловые насосы: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 143 с.
2. Феоктистов А.Ю., Овсянников Ю.Г., Кушев Л.А. К вопросу расчета систем кондиционирования воздуха со второй рециркуляцией вытяжного воздуха // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 46-48.
3. Трубаев П.А. Методы автоматизации управления энергоэффективной работой насосов и насосных установок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 140-147.
4. Сергеев В.В., Амосов Н.Т., Аникина И.Д. Анализ эффективности генерации тепловой и электрической энергии ТЭЦ при использовании тепловых насосов большой мощности // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 80-84.
5. Байда Б.Ю., Карнаух В.В., Бирюков А.Б. Энергетическое и эксергетическое исследование R1234YF, R1234ZE для парокompрессионной теплонасосной установки // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 145-152.

УДК 621.315.592

Карелкин К.В., Корниенко Д.А.

Научный руководитель: Саввин Н.Ю., ст. преп.

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

ДЕФИЦИТ МИКРОСХЕМ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ В 2020-2021 ГОДАХ

Микросхемы используются в различных отраслях по всем миру, в которых требуются полупроводники. Затронуты были такие отрасли как медицина, военная отрасль, радиоэлектронная промышленность, кораблестроение, автомобильная промышленность, производство бытовой техники и другие. Так же было оказано заметное влияние на телекоммуникационную отрасль [1].

Статья посвящена анализу дефицита микросхем на рынке, выявлению причин и к каким последствиям может привести данная ситуация [2].

В мире есть большое количество производителей полупроводников, которые поставляются на мировой рынок. К ним относятся: TSMC, SMIC, Hua Hong Semi, Samsung electronics, Towerjazz, Dongbu HiTek, Globalfoundries, Powerchip Technology, UMC, Vis. В данный момент времени, самым крупным производителем и поставщиком являются тайваньская компания Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) и южнокорейская Samsung Electronics. TSMC занимает 54% рынка, в то время как Samsung занимает всего 17%. (рисунок 1.)

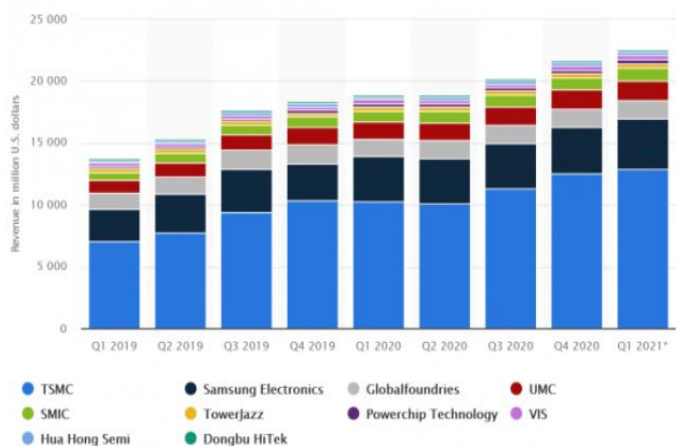


Рис. 1 Доли рынка в долларах топ-10 производителей полупроводников и микросхем

С наступлением 2020 года, очень сильно вырос спрос, который продолжается и до сих пор. Это обусловлено многими причинами (рисунок 2):

1. Пандемия
2. Майнинг криптовалют
3. Пожары на фабриках
4. Экологический кризис

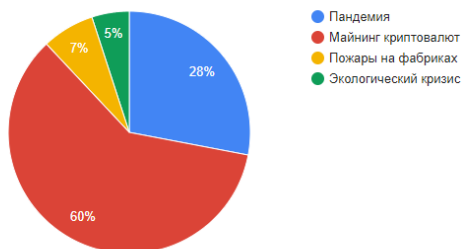


Рис. 2 Процентное соотношение проблем между собой

Каждая причина внесла свой вклад в мировой кризис микросхем.

Из-за кризиса, вызванного пандемией, люди начали скупать всю технику, смартфоны, умные телевизоры, игровые приставки, роботы пылесосы и другие. Вся эта техника, зависит от микросхем, так как это является их «мозгом». Фабрики по производству не могут выполнять норму по производству, с таким большим спросом.

Майнинг криптовалют очень популярная тема последних лет, майнинг различных криптовалют при помощи видеокарт. Это натолкнула многих людей заработать на этом, вырос спрос на видеокарты, от которых зависит майнинг и прибыль. Всё это привело к дефициту видеокарт, а в последствии и дефициту микросхем.

Пожары на фабриках – одна из не самых очевидных причин, которая затронула сферу аудио чипов и микросхем для автомобильного производства. В конце октября 2020 года был пожар на фабрике аудио чипов Asahi Kasei Microsystems (AKM) и 19 марта 2021 года на заводе компании Renesas Electronics, которые производили микросхемы для автопромышленности. Это малая, но очень важная часть кризиса микросхем в мире.

Экологический кризис затронул фабрики производства по всему миру. В Тайване, где фабрики могли остаться без воды из-за очень сильной засухи, в апреле и мае 2021 года. Резервуары с водой на фабриках TSMC были заполнены всего на 17%. Так же в июне 2021 года на Тайване шли сильные дожди, которые угрожали наводнением. В феврале 2021 года в Техасе прошли сильные снегопады, которые привезли к отключениям электричества на заводах Samsung в Остине. Такая же ситуация была на двух фабриках в нидерландской NXP.

Данная проблема дефицита решается значительным повышением объемов производства, потому что это приведёт к остановке дефицита и большой прибыли всех компаний, которые производят микросхемы и

полупроводники. Но из этого может получиться другая проблема, если всё вернется к объемам, которые были до дефицита, может произойти переизбыток рынка, упадет цены и начнется кризис в отрасли производства [3...4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куцев, Л. А. Тепловизионные исследования оригинальной пластины теплообменника / Л. А. Куцев, Н. Ю. Саввин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. - №1. – 1 С. 38-45. – DOI 10.34031/2071-7318-2021-6-1-38-45. – EDN JCGTZO.

2. Андронов В.Я. Кризис производства полупроводников в Китае // Сборник трудов конференции. - Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения (Новосибирск), 2021. - С. 57-63.

3. Саввин, Н. Ю. Лидеры электромобильной промышленности / Н. Ю. Саввин, Д. В. Комоза // Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения: Сборник трудов VI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов, Челябинск, 25 января 2022 года / Науч. редактор А.Н. Ткачев. – Челябинск: Южно-Уральский технологический университет, 2022. – С. 199-203.

4. Макушин М. Контрактное производство ис: ведущие мировые кремниевые заводы расширяют мощности часть I // электроника: наука, технология, бизнес. - 2022. - №1 (212). - С. 58-67.

УДК 622.64

Комарцова А.В., Саввин Н.Ю.

Научный руководитель: Сибирцева Н.Б., ст. преп.

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

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГИДРОСТАНЦИИ ШАГОВГО КОНВЕЙЕРА

На сегодняшний день производство железобетонных изделий (ЖБИ) в общем объеме промышленной продукции составляет около 7%, конкурируя с легкой промышленностью. В России наибольший

потребитель и производитель продукции ЖБИ является Центральным федеральным округ. В частности, Белгородская область является одним из регионов, который характеризуется высоким темпом роста жилищного строительства и благоустройства территории. Это обусловлено в первую очередь высокоразвитой производственной базой промышленности строительных материалов региона.

Главной проблемой производства тротуарной плитки является брак производства. Самый большой показатель брака встречается на линии пукетировки плитки. В данной статье приведён анализ работы линии пукетировки, а в частности гидростанции шагового конвейера.

После тепловлажностной обработки трансбордер помещает паллет с готовой продукцией на опускную лестницу. Опускная лестница состоит из десяти «этажей», на каждом из которых помещается две паллеты с продукцией. Оптический датчик, расположенный сверху опускной лестницы, следит за наличием паллет на лестнице. С нижнего этажа лестницы паллеты транспортируются ленточным конвейером. На ленточном конвейере установлен индуктивный датчик положения, следящий за наличием паллет на конвейере и предотвращающий нагромождение паллет.

С выдержкой времени ленточный конвейер подаёт по одной паллете на шаговый конвейер с помощью толкателей. Индуктивный датчик, находящийся в начале шагового конвейера, следит за наличием паллет на линии. По шаговому конвейеру паллеты движутся к пакетиروщику, который переносит один слой готовой продукции с линии пакетировки на линию упаковки. В случае если две паллеты находятся близко друг к другу, пакетирищик не сможет взять продукцию с них. В таком случае необходимо остановить работу линии. Для этого вдоль линии установлены световые барьеры. Операторы, следящие за работой линии, в любой момент могут предотвратить аварийную ситуацию.

После пакетирищика стоит световой датчик, отслеживающий отсутствие продукции на паллетах. Данный датчик очень часто вызывает аварийные остановки линии, так как реагирует на камни, оставшиеся от продукции.

После проверки паллеты перемещаются в конец линии к кантователю. С помощью кантователя осуществляется перемещение паллет на другой конвейер, путём их переворота на 180 градусов. По транспортёру паллеты попадают в накопитель паллет. В нём помещается по три паллеты, наличие которых проверяет тензометрический датчик WL250 ST-S SA от фирмы Siemens [1]. Когда накопитель наполнится, нижняя паллета уходит на влажную сторону

линии «Henke». После этого она вновь используется для тепловлажностной обработки продукции.

Технологическая схема линии пакетирования плитки представлена на (рисунке 1).

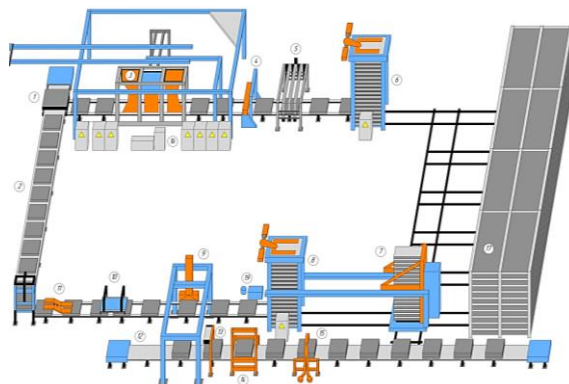


Рис. 1 Технологическая схема линии пакетирования плитки

Для перемещения готовых изделий после камер ТВО до пакетировщика применяется шаговый конвейер, управление которым осуществляется при помощи гидропривода [2]. Данный привод обладает рядом существенных преимуществ перед приводом других типов, прежде всего, возможностью получения больших усилий и мощностей при ограниченных размерах двигателей. С помощью гидроцилиндров удастся получить прямолинейное движение без кинематических преобразований, а также обеспечить определенное соотношение скоростей прямого и обратного ходов [3]. Рассмотрим гидравлическую схему данной гидростанции, представленной на (рисунке 2)

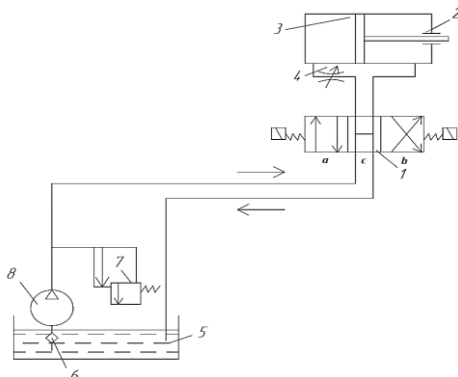


Рис. 2 Гидравлическая схема управления рабочим органом:

1 – гидрораспределитель; 2 – шток; 3 – поршень; 4 – дросель; 5 – масляный бак; 6 – фильтр; 7 – обратный клапан; 8 – насос

Анализ системы управления шагового конвейера показал, что масса перемещаемой продукции оказывает серьезное влияние на режим работы насоса, в связи с чем происходит неравномерное перемещение, сопровождающееся рывками, что приводит к разрушению продукции и появлению брака. Для снижения энергопотребления гидростанции шагового конвейера, и регулирования давления на гидроцилиндре при перемещении продукции в зависимости от её массы возможно применение частотно-регулируемого электропривода [4].

Данное техническое решение позволит контролировать и регулировать скорость вращения электродвигателя на протяжении всего цикла работы гидростанции, что в свою очередь увеличит срок службы оборудования, а учитывая повторно-кратковременный режим работы снизит высокие пусковые токи.

Также применение преобразователя частоты в данном гидроприводе обеспечит точность позиционирования, что крайне важно для шагового конвейера, т.к. он перемещает готовую продукцию к пакетировщику.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Весоизмерительные датчики - URL: <https://kiptm.ru/produktsiya/siemens/siwarex-wl250/datchik-siwarex-wl250-st-s-sa> - (Дата обращения: 29.04.22).

2. Экспнер Х., Фрейгаг Р., Гайс Х., Ланг Р. Гидропривод. Основы и компоненты. М.: Бош Рексрот АГ, 2003. – 323с.

3. Марутов В.А., Павловский С.А. Гидроцилиндры. Конструкции и расчет. -М.: Машиностроение, 1966. – 172с.

4. Электропривод в современных лифтовых установках / Н. Ю. Саввин, В. А. Соколов, Д. И. Прокопишин, П. В. Рошубкин // Актуальные исследования и разработки в области социально-экономических и технических наук: материалы Международной научно-практической конференции, Чистополь, 24 апреля 2020 года / ЧУДПО «Научно-исследовательский и образовательный центр». – Казань: ООО ПК «Астор, и Я», 2020. – С. 29-37. – EDN MIOTJC.

УДК621.311

Кузнецова А.Д.

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

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 10 КВ

В статье рассматриваются основные мероприятия, которые позволяют увеличить энергоэффективность распределительных сетей 10 кВ. Проводится анализ технических устройств, применение которых способствует росту напряжения в узлах линий; анализируются способы управления этими устройствами.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, конденсаторная установка, накопители электрической энергии, потери напряжения, потери электрической энергии, распределительная сеть 10 кВ.

Распределительные сети 10 кВ имеют ряд особенностей, влияющих на параметры сети, которые необходимо учитывать при расчетах режимов работы. К основным негативным явлениям относятся:

- малые сечения проводов,
- высокая протяженность линий электропередач;
- недогрузка или перегрузка трансформаторных подстанций;
- погрешности приборов учета, которые приводят к негативным последствиям и, как следствие, к таким явлениям как: увеличение потерь и снижение напряжения в узлах нагрузки.

Согласно исследованиям [1] (журнал энергетик о потерях Авербух, Жилин), потери электроэнергии в распределительных сетях превышают

20% от потребляемой энергии, а отклонение напряжения в узлах достигает предельно допустимых значений в 10%, нормируемых стандартом [2].

С целью повышения энергоэффективности и нормализации режимов работы необходимо проведение дополнительных мероприятий (рисунок 1), способствующих снижению потерь электроэнергии и увлечению напряжения в узлах. Это возможно за счет модернизации существующей распределительной сети или использования дополнительных технических устройств.

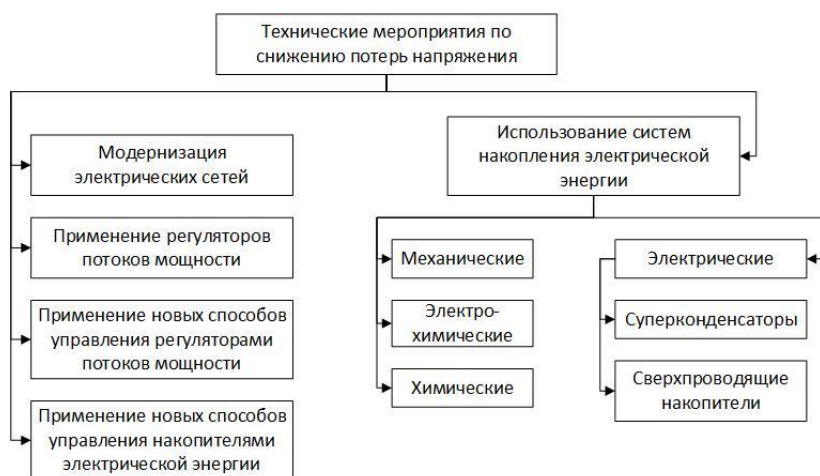


Рис. 1 Виды технических мероприятий по снижению потерь напряжения в сети

Проведение мероприятий по модернизации электрических сетей [3] с целью снижения потерь электрической энергии требует значительных финансовых затрат, поэтому их целесообразно проводить в комплексе с другими мероприятиями, перечисленными выше.

В качестве регуляторов потоков мощности, конструктивно исполненных на базе ведомых сетью преобразователей, используются устройства СТАТКОМ [4] и ON-GRID. С их помощью становится возможным контроль и регулирование реактивного тока в линиях, генерация активной мощности в сеть, что приводит к снижению нагрузки в линиях перегруженных участков сети. Устройство ON-GRID синхронизирует напряжение преобразователя с сетью. Емкостной накопитель устройства получает заряд от стороннего источника электрической энергии. На рисунке 2 представлены схемы сетевых преобразователей СТАТКОМ и ON-GRID.

Как представлено на (рисунке 2), устройство СТАТКОМ в общем виде содержит: полупроводниковый преобразователь на базе IGBT-транзисторов $VT1-VT6$ с обратными диодами $VD1-VD6$, конденсаторные накопители $C\phi$ в звене постоянного тока и входные дроссели LDa, LDb, LDc . Датчики тока ДТ образуют обратную связь по току, что позволяет стабилизировать реактивный ток в линии, датчики напряжения ДН используются для синхронизации напряжения преобразователя с напряжением сети, система управления СУ реализует управление ключами на основании полученных сигналов с датчиков тока и напряжения. В структуре преобразователя ON-GRID появляется дополнительный внешний источник энергии для заряда конденсатора в звене постоянного тока.

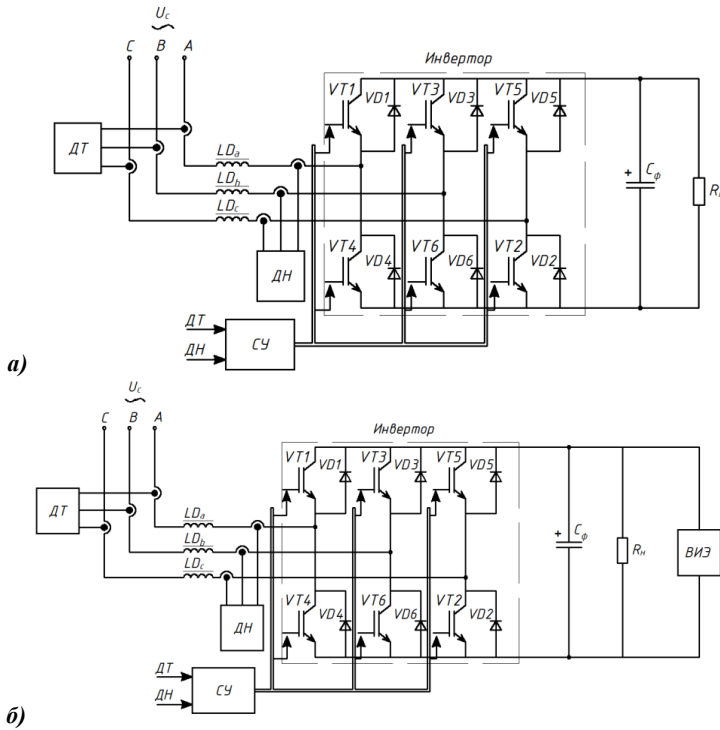


Рис. 2 Схемы преобразователей: а – СТАТКОМ; б – ON-GRID

Применение статических синхронных компенсаторов, устройств СТАТКОМ и ON-GRID на базе полупроводниковых преобразователей позволяет снизить потери электрической энергии, оптимизировать

распределение потоков мощности, повысить коэффициент мощности и управляемость системы электроснабжения.

Задача повышения энергоэффективности системы электроснабжения может быть решена различными способами. Для увеличения напряжения в узлах используются накопители электрической энергии [5], такие как суперконденсаторы и сверхпроводящие накопители. Особенностью суперконденсаторов является их способность мгновенно реагировать на изменения потребляемой нагрузкой мощности. Заряд суперконденсаторов накапливается в двойном электрическом слое, состоящем из поверхности проводника и слоя ионов электролита. Наибольшее распространение на сегодняшний день получили литий-ионные суперконденсаторы. Сверхпроводящий накопитель представляет собой соленоид, запасующий энергию магнитного поля. Этот тип накопителя в линиях 10 кВ не используется.

Стандартным способом снижения потерь и повышения энергоэффективности в распределительных сетях является компенсация реактивной мощности [6] (рис. 3). Однако использование классических батарей конденсаторов может привести к перекомпенсации или недокомпенсации по причине изменения нагрузки сети в течение отчетного периода. Для решения этой проблемы используется многоступенчатое регулирование с применением конденсаторных установок [7], которое реализуется изменением количества параллельно включаемых батарей конденсаторов в секционном исполнении так, что число секций соответствует количеству регулировочных ступеней реактивной мощности и напряжения.

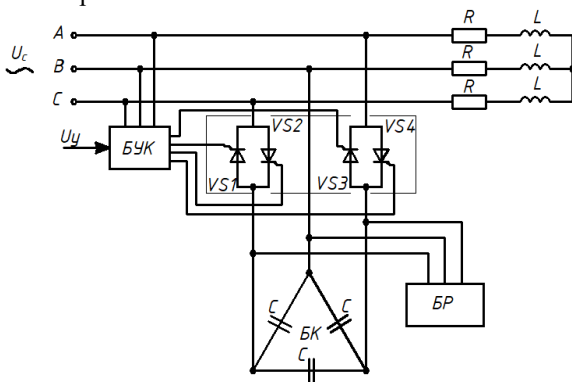


Рис. 3 Конденсаторная установка с тиристорным регулированием

Как представлено на (рисунке 3), накопление энергии из сети конденсаторной установкой БК регулируется тиристорными ключами VS1-VS4, управление которыми реализует блок управления ключами БУК. На БУК подается управляющий сигнал по напряжению U_u . Разряд конденсаторов осуществляется через блок резисторов БР. Работа установки производится на активно-индуктивную нагрузку RL.

Целью дальнейшей работы является разработка оптимальной системы управления накопителями электрической энергии, которая позволит учитывать различные режимы работы сети и протекание переходных процессов в ней.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авербух М. А., Жилин Е. В. О потерях электроэнергии в системах электроснабжения индивидуального жилищного строительства // Энергетик. – 2016. – №. 6. – С. 54-57.

2. ГОСТ 32144—2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: нац. стандарт Рос. Федерации: изд. офиц.: утв. и введ. в действие Приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 400-ст: введ. впервые: дата введ. 2014-01-01 / разработ. ООО «ЛИНВИТ» и Тех. Комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств». — Москва: Стандартинформ, 2014 — 15 с.

3. Котеленко С. В. Модернизация комплектных распределительных устройств в сети 10 кВ // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – №. 12. – С. 67-69.

4. Солонина, Н. Н. Новые технологии компенсации реактивной мощности / Н. Н. Солонина, К. В. Суслов, З. В. Солонина // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 5(112). – С. 135-143.

5. Бахтеев К. Р. Создание гибридного накопителя электроэнергии большой мощности для предотвращения кратковременных нарушений электроснабжения промышленных потребителей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2018. – Т. 20. – №. 3-4. – С. 36-44.

6. Кузьмин С. В. и др. Повышение эффективности компенсации реактивной мощности на основе устройств пофазной компенсации // Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии. – 2020. – Т. 13. – №. 1. – С. 14-24.

7. Засыпкин, А. С. Использование многоступенчатых конденсаторных установок для поддержания напряжения в электрических сетях / А. С. Засыпкин, А. С. м. Засыпкин // Электричество. – 2019. – № 1. – С. 17-22.

УДК 666.94:621.926

Кузьмин С.В.

*Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЛОПАТКАХ ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Газотурбинный двигатель – это установка, обеспечивающая механическую мощность с использованием газообразного рабочего тела. Это двигатель внутреннего сгорания, подобный поршневым двигателям с возвратно-поступательным движением и дизельным поршневым двигателям, с той лишь разницей, что рабочая жидкость проходит через газовую турбину непрерывно, а не прерывисто. Непрерывный поток рабочей жидкости требует, чтобы сжатие, подвод тепла и расширение происходили в отдельных компонентах. По этой причине газовая турбина состоит из нескольких компонентов, работающих вместе и синхронизированных для достижения производства механической энергии в случае промышленного применения или тяги, когда эти машины используются в авиационных целях. [1, 2]

Во время работы газовой турбины воздух забирается из атмосферы и поступает в первый ряд лопаток компрессора. Оттуда рабочее тело получает механическую энергию от компрессора, это приводит к быстрому повышению давления и температуры. В этот конкретный момент воздух находится в подходящем состоянии для подачи в камеру сгорания. [1, 2]

Затем выхлопные газы выходят из камеры сгорания и направляются в ряды турбин, которые в свою очередь извлекают энергию из газов в форме механической-вращательной-мощности, которая используется для приведения в действие компрессора и выработки дополнительной мощности для приведения в действие оборудования или создания тяги. Позже выхлопные газы выбрасываются в атмосферу через выходное сопло с температурой около 550 °С. [2]

Современные газовые турбины оснащены самыми передовыми и сложными технологиями во всех аспектах. Конструкционные материалы также не являются исключением из-за их экстремальных условий эксплуатации. Наиболее проблематичная точка располагается на входе в турбину, так как с ней связано несколько трудностей; например, экстремальная температура (1400°C – 1500°C), высокое давление, высокая скорость вращения, вибрация, малая площадь циркуляции и так далее. [3]

Для решения этих проблем, лопатки газовой турбины изготавливают с использованием передовых материалов и современных сплавов (жаропрочных сплавов), которые содержат до десяти легирующих элементов. Они состоят из прямоугольных каменных блоков, уложенных в правильный массив с узкими полосами цемента, удерживающими их вместе. Этот материал (цемент) был изменен, потому что в прошлом в нем использовалась интерметаллическая форма титана, но в настоящее время его заменил тантал. [4]

Это изменение привело к улучшению прочности при высоких температурах, а также к улучшению стойкости к окислению. Однако, самые большие изменения произошли в никеле, где присутствуют высокие уровни вольфрама и рения. Эти элементы очень эффективны в укреплении сплава. [4]

Начиная с 1950-х годов переход отковки к обычному литью и направленному затвердеванию к монокристаллическим лопаткам турбин привел к увеличению допустимых температур металла на 250°C. Важным вкладом стало выравнивание зерен сплава в монокристаллической лопатке, что позволило более тщательно контролировать упругие свойства материала. Эти свойства, в свою очередь, управляют собственными частотами вибрации лопаток. [3]

Если развитие металлургии можно использовать для уменьшения количества охлаждающего воздуха, это потенциально важный фактор повышения производительности, так как, например, двигатель Rolls-Royce использует около 5% компрессорного воздуха для охлаждения ряда лопаток турбины высокого давления. С другой стороны, монокристаллический сплав способен нагреваться примерно на 35 °C выше, чем его предшественник. Это может показаться небольшим увеличением, но оно позволило лопатке турбины среднего давления оставаться в нагретом состоянии. [3]

Таким образом, газовые турбины представляют собой хороший вариант для производства электроэнергии. Эта технология требует более качественных и надежных материалов для использования в

основном в тех областях, где температура чрезвычайно высока; например, в первом ряду турбин и камере сгорания.

Последние 2 десятилетия материалы лопаток в газовых турбинах быстро развивались. В настоящее время эти изделия изготавливаются из специальных сплавов и покрываются специальными покрытиями. Эти модификации предназначены для увеличения допустимой температуры в 1500°C.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kurt H. Stern Metallurgical and Ceramic Protective Coatings ISBN 0412544407 Chapman & Hall.

2. H. I. N. Saravanamuttoo, Gordon Frederick Crichton Rogers, Henry Cohen Gas turbine theory ISBN 013015847X Prentice Hall

3. Miller, R.A “Thermal Barrier Coatings of Aircraft Engines: History and directions” Journal of Thermal Spray Technology 1997, pp 35 - 42

4. Narendra B – Dahotre, T. S – Sudarshan Intermetallic and Ceramic Coatings ISBN 0824799135 CRC Press

УДК 662.612.31

Леонов Е.С.

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

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ НИЗКОКАЛОРИЙНЫХ ГАЗОВ

С угрозой глобального энергетического кризиса и экологическими последствиями глобального потепления эффективное и эффективное использование побочных топлив привлекает все большее внимание во всех областях энергетики [1].

Вопросы, связанные с низкой теплотворной способностью, способствовали исследованиям методов стабильного горения низкокалорийных газов, например, таких как биогаз [2]. Свалочный газ также требует утилизации, поскольку, по разным оценкам, парниковый эффект метана превышает парниковый эффект углекислого газа в 25-70 раз [3]. Сжигание низкокалорийных газов должно быть исследовано для лучшего понимания характеристик горения биогаза.

Представлен обзор результатов фундаментальных и инженерных исследований сжигания низкокалорийных газов (НГ).

Для адиабатических систем не существует фундаментальных пределов воспламеняемости, и теоретически все смеси горючих газов с

кинетикой Аррениуса должны образовывать пламя; однако практические ограничения на время пребывания приводят к определенным ограничениям. Пределы воспламеняемости также определяются потерями тепла за счет теплопроводности, конвекции или излучения от пламени и радикальными потерями за счет диффузии и конвекции. Часто эффекты теплопроводности и радикальной диффузии усиливаются за счет градиентов скорости потока (растяжения пламени), что приводит к локальному угасанию пламени, которое затем распространяется вдоль пламени. Таким образом, пределы воспламеняемости зависят от оборудования, и для их определения используются стандартизированные методы измерения.

Ламинарные скорости горения являются одними из наиболее фундаментальных свойств, характеризующих горение гомогенных смесей в низкоскоростных ламинарных и турбулентных потоках [4].

Влияние метана на скорость горения в диапазоне концентраций, типичном для НГ, невелико. Можно предположить, что влияние давления на скорость горения НГ что оно невелико, поскольку скорость горения CO уменьшается с увеличением давления, а скорость горения H_2 увеличивается.

В работе [5] автор провел численное моделирование сжигания низкокалорийного газа, при условии предварительного нагрева воздуха в смоделированной камере сгорания в Fluent. На (рисунке 1) показана турбулентная скорость реакции CH_4 в различных сечениях.

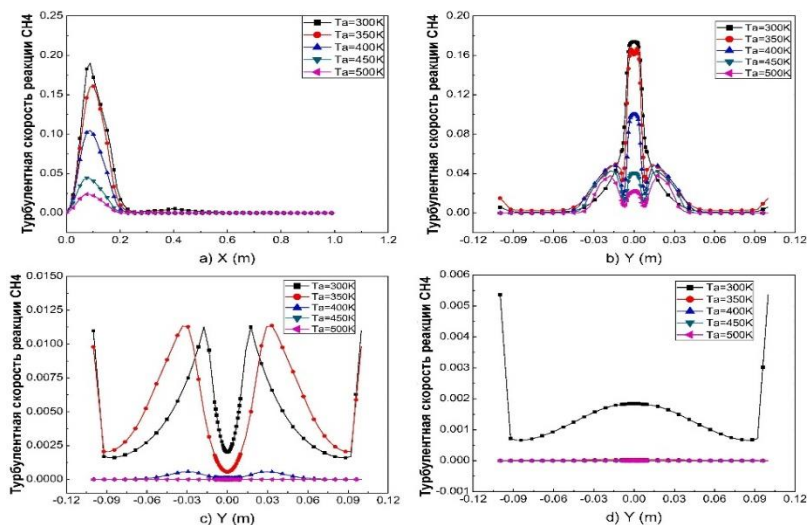


Рис. 1. Турбулентная скорость реакции CH_4 в различных сечениях [5]

(Рисунок 1) показывает распределение турбулентной скорости реакции CH_4 на сечениях $X = 0,1$ м, $X = 0,3$ м и $X = 0,5$ м. Турбулентная скорость реакции- CH_4 показывает процесс уменьшения от $Y = 0$ в обе стороны, затем увеличения и, наконец, уменьшения. Поскольку $Y = 0$, он находится в области центра пламени реакции горения.

В другой работе [6], автор предварительно нагрел воздух для горения был предварительно нагрет перед входом в горелку, чтобы понять влияние этого обстоятельства на температуру пламени низкокалорийного топлива(биогаза) (таблица 1). Это влияние четко показано на (рисунке 2).

Таблица 1 – Состав биогаза, % [6]

Компонент	Метан	Биогаз 1	Биогаз 2	Биогаз 3	Биогаз 4
CH_4	100	55	60	65	55
CO_2	–	43,1	38	33	43,1
N_2	–	1,53	1,5	1,3	1,53
Теплотворная способность (кДж/м ³)	33 700	18 515	20 200	21 900	18 500

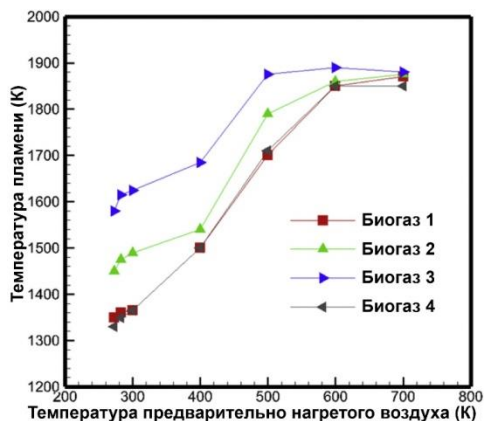


Рис. 2 Влияние предварительно нагретого воздуха на температуру пламени биогаза [6]

Как видно из (рисунка 2), температуры пламени биогаза увеличиваются по мере предварительного нагрева воздуха для горения перед входом в воздухозаборник горелки. Максимальные температуры пламени для всех условий предварительного нагрева высоки в условиях биогаза 3 из-за включения большого количества метана по сравнению с другими биогазами, как упоминалось ранее. Кроме того, существуют

небольшие различия между температурами пламени биогазов 1 и 4. Биогаз 1 дополнительно содержит H_2S в качестве горючего газа.

Исследование показывает, что можно ожидать существенного прогресса в разработке камер сгорания низкокалорийных газов, но необходимы дополнительные исследования в этой области.

Стабильность пламени так же является наиболее сложной проблемой при сжигании НГ. Это может быть достигнуто созданием в камере сгорания зоны, в которой скорость потока равна скорости горения, или, в зоне перемешивания, интенсивным обратным подмешиванием продуктов в свежую смесь или предварительным подогревом реагентов [7].

Дальнейшие планы использования полученных теоретических данных и литературной базы для математического моделирования горения биогаза переменного состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Long Z., Wenwen X., Zhuyin R. Combustion stability analysis for non-standard low-calorific gases: Blast furnace gas and coke oven gas // *Fuel*. 2020. Vol. 278. P. 118216.

2. Кущев Л.А., Суслов Д.Ю. Расчет экономической эффективности использования биогазовой установки с барботажным реактором // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2014. №5. С. 183–186.

3. Kornilova N.V., Trubaev P.A. Analysis of the possibility of landfill gas use as additional fuel for combustion of solid municipal waste with different moisture content // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2021. No 1089. P. 012033.

4. Pizzuti L., Martins C.A., Lacava P.T. Laminar burning velocity and flammability limits in biogas: A literature review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 62. P. 856–865.

5. Jinqiao H., Chun L., Huifang X., Bo L., Ye C. Kinetic analysis of diffusion combustion of low calorific value gas under the action of thermal dynamics // *Fuel*. 2021. Vol. 287. №1. P. 119435.

6. Mustafa İ., Murat Ş., Serhat K. 3D numerical modelling of turbulent biogas combustion in a newly generated 10 KW burner // *Journal of the Energy Institute*. 2018. Vol. 91. №1. P. 87–89.

7. Рамазанов Р.С., Суслов Д.Ю., Кущев Л.А., Семенов А.С., Уваров В.А. Теоретическое описание процесса подогрева газозоодушнoй смеси в корпусе горелки с тепловым рассекателем //

УДК 662.767.2

Леонов Е.С.

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

ОБЗОР ВЛИЯНИЯ РАЗБАВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОГАЗА ПРИ ЕГО СЖИГАНИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ

Биогаз производится на биогазовых установках путем бактериального разложения биомассы в анаэробных условиях. [1] Существует три категории биомассы: субстрат сельскохозяйственного происхождения; отходы частных домохозяйств и муниципалитетов; промышленные побочные продукты.

Как и в случае с ископаемым природным газом, основным компонентом биогаза, определяющим энергетическое содержание газа, является легковоспламеняющийся метан (CH_4). В зависимости от субстрата, перевариваемого в биогазовой установке, содержание метана в биогазе колеблется от 50% до 75%. Вторым основным компонентом биогаза является углекислый газ (CO_2) с долей от 25% до 50%. Третьим элементом, который не определяется инструментальным путем, является (N_2) [2]. Другими компонентами биогаза являются вода (H_2O), кислород (O_2) и следы серы (S_2) и сероводорода (H_2S) [3].

Применение биогазовых технологий позволяет сельскохозяйственным предприятиям не только получать энергетический продукт – биогаз, но также решить экологическую проблему утилизации органических отходов [4].

За счет сжигания низкокалорийных газов, таких как биогаз, можно сэкономить значительное количество первичной энергии и сократить вредные выбросы. Однако изменчивый состав, теплотворная способность и высокая инертность таких смесей приводят к техническим трудностям, связанным с стабильностью горения [5].

Рассмотрим вопрос влияния компонентов, содержащихся в биогазе, при их разбавлении в определенном диапазоне, а именно CO_2 (0–50%) N_2 (0–60%), H_2O (0–10%).

В работе [6] экспериментальным путем исследовалось влияние различной концентрации CO_2 на процесс сжигания биогаза.

Влияние добавления CO_2 на термодинамические свойства смеси в основном связано с увеличением плотности и молярной теплоемкости, что, в свою очередь, имеет тенденцию к снижению температуры пламени. Снижение концентрации реагентов за счет добавления CO_2 также оказывает непосредственное влияние на все реакции

Наблюдается снижение скорости горения с увеличением содержания CO_2 в смеси. Это связано с высокой теплоемкостью CO_2 , которая снижает температуру адиабатического пламени и, следовательно, скорость реакции

Добавление CO_2 в смесь реагентов влияет:

- на концентрацию реагентов;
- на термодинамические и транспортные свойства смеси;
- на некоторые скорости реакций из-за прямого участия CO_2 .

Автор в исследовании [7] изучил нестабильность и эмиссионное поведение биогаза, при различных степенях разбавления N_2 .

Во-первых, для определения стабильности пламени смеси биогаза (60% CH_4 – 40% CO_2) было проведено испытание без добавления азота.

После получения данных о стабильности пламени смеси биогаза, содержащей 60% CH_4 – 40% CO_2 при акустическом воздействии, в смесь добавляли N_2 по объему (10%, 20%, 30%, 40%, 50% и 60%). Таким образом, было исследовано влияние разбавления на температуру и стабильность пламени.

В то время как температура выхода 1142 К в безазотной смеси не подвергается значительному изменению до 30% N_2 , после этого момента, по мере увеличения разбавления, температура выхода горелки уменьшается и снижается до 1058 К. Наибольшее значение температуры на графике было измерено как 1147 К при 20% N_2 . Известно, что газообразный азот снижает адиабатическую температуру пламени из-за его высокой удельной теплоемкости. Однако этот эффект может не наблюдаться при низких коэффициентах разбавления в реальных камерах сгорания.

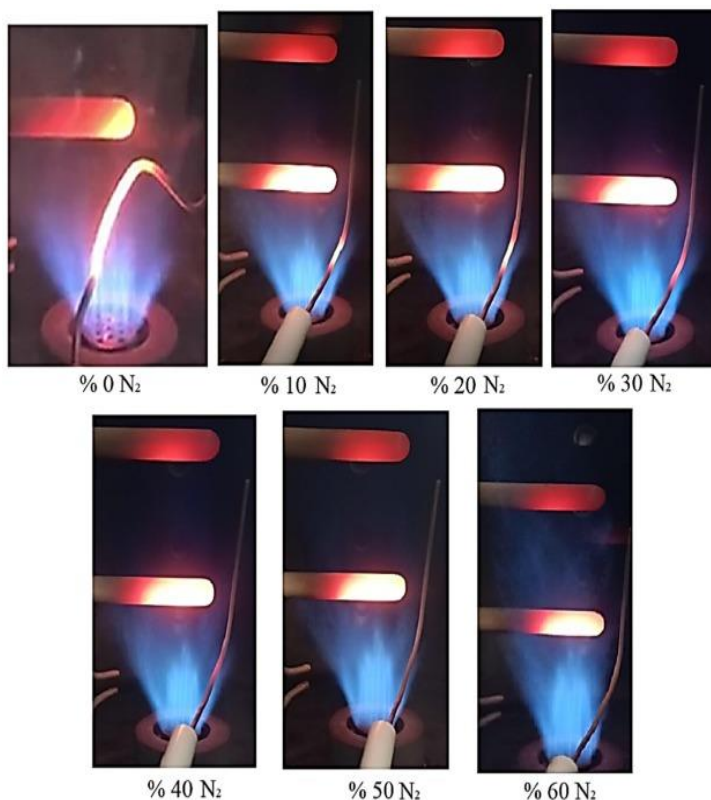


Рис. 1 Изображения пламени для различных коэффициентов разбавления N₂[7]

В работе автора [8] рассматривается биогаз в камере сгорания с учетом особенностей его горения при различных условиях содержания H₂O и H₂S. Содержание водяного пара (H₂O) было изменено с 0% до 10%

В случае различных пропорций H₂O в биогазе также были исследованы значения SO₂, полученные в результате сгорания H₂S в содержании биогаза.

Можно сделать вывод, что увеличение содержания H₂O в биогазе приводит к снижению температуры пламени биогаза в камере сгорания из-за разбавления смеси.

При увеличении содержания H₂O положение зоны пламени перемещается к горелке ниже по потоку.

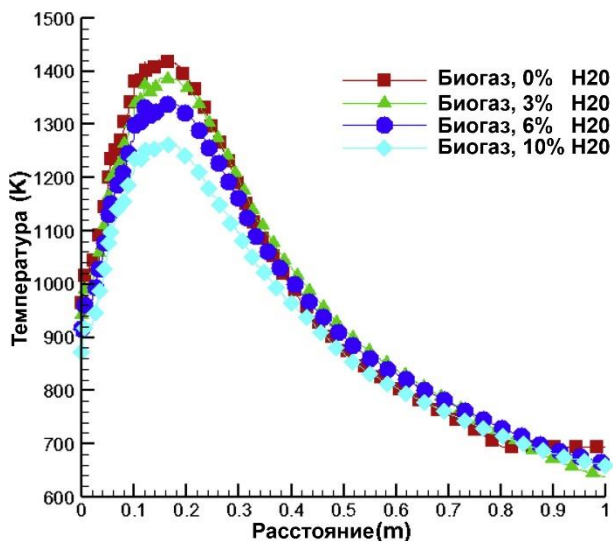


Рис. 2 Прогнозируемые осевые температурные профили для различного содержания H_2O [8]

На (рисунке 2) показано влияние содержания H_2O на осевые распределения температур. Можно сделать вывод, что чем больше повышается H_2O в биогазовом топливе, тем больше снижается температура пламени биогаза. Это может быть связано с разбавлением топливовоздушной смеси.

По мере увеличения содержания H_2O в составе биогаза количество CO , образующегося в результате сгорания, уменьшается в зоне пламени из-за окисления CO с помощью H_2O в биогазовом топливе.

а. Диоксид углерод в топливе оказывает большое влияние на структуру пламени турбулентного горения. Увеличение содержания углекислого газа в топливе не только снижает турбулентную скорость горения, но и ухудшает стабильность горения.

б. Разбавление N_2 оказывает существенное влияния лишь при разбавлении 30-60% в смеси;

с. Во всех случаях разбавление компонентов в биогазе, приводило к уменьшению температуры, за исключением случая разбавления до 20% азота, где температура была увеличена на 5 градусов, а выбросы NO_x были снижены, при более 20% N_2 выбросы NO_x увеличились.

д. Снижение выбросов CO_2 происходит при повышении H_2O за счет лучшей топливно-воздушной смеси.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куцев Л.А., Сулов Д.Ю. Теоретическое описание процесса анаэробной ферментации в биогазовых установках // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 227–230.
2. Trubaev P.A., Verevkin O.V., Grishko V.M., Tarasyuk P.N., Shchekin I.I., Suslov D.Yu., Ramazanov R.S. Investigation of Landfill Gas Output from Municipal Solid Waste at the Polygon // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. Vol. 1066. 2018. P. 012015.
3. da Costa Gomez C. Biogas as an energy option: an overview // The Biogas Handbook: Science, Production and Applications. 2013. P. 1–16.
4. Сулов Д.Ю. Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственного предприятия с использованием биогаза // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 183–186.
5. AL-Hamamre Z., Diezinger S., Talukdar P., Von Issendorff F., Trimis D. Combustion of Low Calorific Gases from Landfills and Waste Pyrolysis Using Porous Medium Burner Technology // Process Safety and Environmental Protection. Elsevier. 2006. Vol. 84. №4. P. 297–308.
6. Nonaka H.O.B., Pereira F.M. Experimental and numerical study of CO₂ content effects on the laminar burning velocity of biogas // Fuel. Vol. 182. 2016. P. 382–390.
7. Ilker Y., Yakup C., Bugrahan A. Effect of N₂ dilution on combustion instabilities and emissions in biogas flame // Fuel. Vol. 308. 2022. P. 121943.
8. Murat S., Mustafa I. Analysis of the effect of H₂O content on combustion behaviours of a biogas fuel // International Journal of Hydrogen Energy. Vol. 45. №5. 2020. P. 3651–3659.

УДК 621.3

Лесниченко И.Н.

*Научный руководитель: Ахметшин А.Р., канд. тех. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

Согласно «Энергетической стратегии России» на период до 2035 года развитие и масштабное применение нетрадиционных видов

энергии в России станет одним из главных направлений в энергетике нашей страны. А именно такие виды энергии, как: ветровая энергетика, солнечная энергетика, энергия морских приливов и волн, геотермальная и гидротермальная энергии, а также энергия биомасс - на сегодняшний день стали принимать весомый статус в будущем развитии энергетике не только в России, но и по всему миру.

Перед строительством и введением в эксплуатацию установок, позволяющих вырабатывать возобновляемую энергию, необходимо знать все особенности ландшафта и климата, где будут использоваться данные нетрадиционные виды энергии. И исходя из многочисленных данных об изучение ландшафтно-климатических особенностей Краснодарского края, можно смело утверждать, что данный регион подходит для эксплуатации возобновляемых источников энергии. [1]

Несмотря на то, что Краснодарский край представляет собой идеальную площадку для реализации проектов в сфере альтернативного производства энергии, общая доля данного вида энергии в целом не превышает и 2%. И это очень плохо сказывается на энергосистеме региона, так как она ещё с давних пор испытывала дефицит в энергии, а постоянный рост спроса, вызванный пиками туристического сезона, только усугубляют ситуацию и приводят к серьёзным перегрузкам и перебоям в энергоснабжении.

Хотя география Краснодарского края позволяет применять в действии все доступные виды возобновляемых источников энергии, общая ситуация по данному виду энергии оставляет желать лучшего. Но всё же можно выделить некоторые аспекты, которые на сегодняшний день начинают развиваться. Например, за последние несколько лет регион добился хороших успехов в гелио- и геотермальной энергетике, а также в проектировании ветровых электростанций. Всё больше и больше сельскохозяйственных предприятий обращают своё внимание на получение энергии из биогазовых установок и мини-ГЭС. А местные предприниматели и жители заинтересованы в преимуществах тепловых насосов.

Принимая во внимание, что в Краснодарском крае почти триста солнечных дней в году, данная альтернатива в энергии, а именно солнечная энергетика, на сегодняшний день сможет обеспечить только 0,01% всех потребностей региона. Хотя в экономическом плане установка и развитие солнечных водонагревательных установок на Черноморском побережье будет иметь достаточно большую перспективу, так как сможет не только обеспечить энергией труднодоступные участки региона, но и поможет разгрузить общую энергосистему региона в пик туристического сезона. [2]

Несмотря на достаточно плохое развитие возобновляемой энергетики в Краснодарском крае, это не мешает населению этого региона пользоваться географией своей местности и использовать нетрадиционный вид энергии в своём быту. Как говорят местные жители: «Идёшь в магазин, покупаешь солнечную водонагревательную установку, гелиоколлектор для обеспечения тепла в помещении, либо фотоэнергетические модули и устанавливаешь их на крыше в результате получаешь бесплатную тепло- и электроэнергию». По оценкам экспертов, подобное оборудование сможет окупиться примерно за 4-8 лет, при этом лучше использовать комбинированный вариант, то есть подключить питание как к альтернативному, так и к более проверенному традиционному источнику. Хорошим примером может служить «Умный вокзал» в Анапе, где большую часть потребляемой энергии удалось с помощью фотоэлементов заместить солнечной энергией.

Еще одно набирающее обороты направление для Юга России – развитие использования геотермальных источников. На данный момент в этом виде энергии Краснодарский край занимает третье место, уступая лишь Камчатке и Дагестану. Можно с уверенностью сказать, что на сегодня в Краснодарском крае разведано 18 геотермальных месторождений с приблизительной мощностью в 258 МВт, а также уже пробурено 79 скважин глубиной в 2-3 километра. Но стоит отметить, что на данный момент внимание этому виду энергии в крае уделяется недостаточно и от имеющегося потенциала используется всего 20-30% и на сегодня некоторое количество подобных разработок находится на подготовительной стадии. По большей части причиной этому является труднодоступность геотермальных источников, следовательно, это может привести к большим экономическим затратам при попытке строительства геотермальных установок в данном регионе. Но всё-таки я бы не стал исключать возможности развития в этом направлении, так как в районах предгорья, где проходит тектонический разлом, магма в этом месте может подниматься на глубину 3,5 километра, попутно нагревая подземные воды, что также может быть использовано в развитии геотермальной энергетики на Юге России. [3]

Ещё хочется обратить внимание на тот факт, что во время проведения Зимней Олимпиады 2014 года и Чемпионата мира по футболу 2018 года на Кубани были построены множество объектов по энергоснабжению региона, но стоит отметить, что все новые энергоресурсы, которые удалось построить за те годы, на данный момент применяются локально в таких городах, как: Сочи, Краснодар и Новороссийск. Хоть это и облегчило развитие этих городов, которые

являются самыми ведущими не только по показателям промышленности, но также и по курортно-туристическим показателям, в целом, это не особо сильно изменило энергетическую составляющую Краснодарского края. [2]

На данный момент Краснодарский край является одним из самых динамично развивающихся регионов Юга России, в котором проходят мероприятия мирового уровня, а также идёт массовое жилищное и промышленное строительство, но при всей заслуженности регион самостоятельно вырабатывает только до 6 миллиардов кВт-ч в год, что составляет лишь 35% от всех потребностей края, остальные – 65% электроэнергии Кубань заимствует у близлежащих регионов. Приведённые показатели отображают тот факт, что энергетика Краснодарского края является одной из самых дефицитных на Юге России. При этом нагрузки на электроэнергию Краснодарского края ежегодно растут, это вызвано активным переселением людей на Кубань из других регионов страны (чаще всего северных). За последний год рост нагрузки в среднем по региону составил 4%. Основными лидерами по увеличению потребления электроэнергии являются такие города, как: Сочи, Новороссийск, Краснодар и Туапсе, в среднем – от 7 до 8,5 процента в год. Также в крае активно стали заниматься вопросами энергосбережения. Крупнейшая электросетевая компания на территории Краснодарского края и Республики Адыгея «Кубаньэнерго» бесплатно устанавливает многофункциональные счётчики абонентам, присоединённым к сетям компании. В итоге потребитель получает возможность сэкономить, а энергетики – снизить потери. На сегодняшний день многофункциональных приборов учёта в Краснодарском крае насчитывает порядка более 25 тысяч. Подобная работа проводится на основе энергосервисных контрактов, и сумма от их реализации уже превысила 205 миллионов рублей. [1]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Основы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.» Татьяна Иванова, В.М. Иванов, В. Я. Федянин, И. А. Бахтина, С. О. Хомутов. 2005 г.
2. «Энергетическая политика современной России» Андрей Сумин 2015 г.
3. «Возобновляемая энергетика» Алхасов А. Б. 2009 г.
4. Seninsky N.A. Gasoline from oil and gas [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.svobodanews.ru.

5. Бирюков С.В. Геополитический потенциал энергетического развития России и проблемы ее энергетической безопасности / РАН, Институт социальных и политических наук. Москва: Компания Спутник+, 2002.

УДК 62-97/-98

*Лихолетов И.А., Саввин Н.Ю., Мишенин А.А.
Научный руководитель: Скурятин Ю.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СПОСОБЫ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ МНОГОУРОВНЕВОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Многоуровневый автономный инвертор напряжения (МАИН) — это разновидность инвертора, концепция которого показана на (рисунке 1). Используя несколько источников постоянного тока, он может генерировать многоступенчатое (многоуровневое) выходное напряжение [1]. Преимущества МАИН по сравнению с двухуровневым АИН заключается в более низком значении гармонических искажений и меньшему максимальному напряжению на силовых полупроводниках, поскольку больше полупроводников соединено последовательно. Таким образом, многоуровневый инвертор является лучшим выбором для нагрузок с большой мощностью [2].

Широко используются три вида МАИН, а именно МАИН с фиксирующими диодами, с плавающими конденсаторами и с каскадно подключёнными H-мостоми. Благодаря гибкости управления и большей конструктивной модульности последняя, привлекла более широкое внимание в практическом использовании.

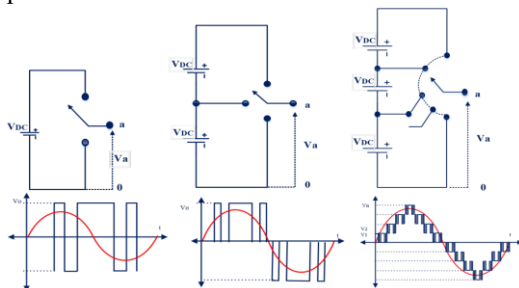


Рис. 1 Примеры (а) 2-уровневого инвертора (б) 3-уровневого инвертора (в) p-уровневого инвертора

Каждый блок Н-моста состоит из четырех полупроводников и одного источника постоянного тока. Каждый блок имеет отдельный источник постоянного тока [3]. Что бы получить многоуровневую форму напряжения различного уровня Н-мостовые ячейки соединяют последовательно, значит синтезированная форма волны является суммой выходных напряжений последовательно соединённых ячеек. Количество уровней выходного напряжения определяется выражением:

$$M = 2S + 1 \quad (1)$$

где S – количество источников постоянного тока.

Инвертор формирует три уровня выходного напряжения $+V_{DC}$, 0 , $-V_{DC}$. При включённых ключах S_1 и S_4 на R_n формируется $+V_{DC}$, при включённых ключах S_2 и S_3 на R_n формируется $-V_{DC}$, для формирования нулевого уровня включаются либо S_1 и S_2 , либо S_3 и S_4 . На (рисунке 2) представлена принципиальная схема ячейки Н-моста.

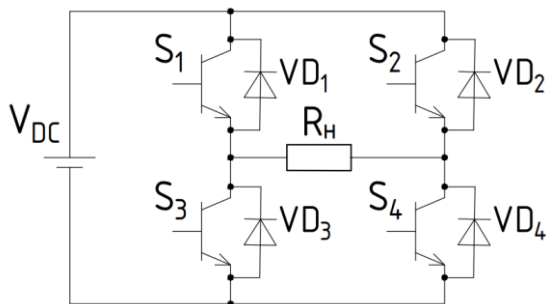


Рис. 2 Принципиальная схема ячейки Н-моста

В данной статье представлена топология и анализ производительности нескольких способов модуляции для схемы МАИН с каскадно подключёнными Н-мостами. Для данной работы промоделированы 7-, 9- и 11-уровневые модели МАИН с использованием ПО Matlab-Simulink. Значение источника постоянного тока для каждого Н-моста для всех цепей МАИН равно 100 В. Несущая частота переключения установлена равной 1 кГц, а модулирующая частота равна 50 Гц. Управляться МАИН будет различными способами широтно-импульсной модуляции (ШИМ), а именно:

- а. фазовое распределением несущих напряжений,
- б. фазовая оппозиция несущих напряжений,
- с. альтернативная фазовая оппозиция несущих напряжений.

Большинство способов модуляции с высокой частотой переключения основаны на ШИМ. Импульсы генерируются путем сравнения модулирующего сигнала с несущим сигналом. В случае инвертора в качестве несущего сигнала обычно используется треугольная форма [4].

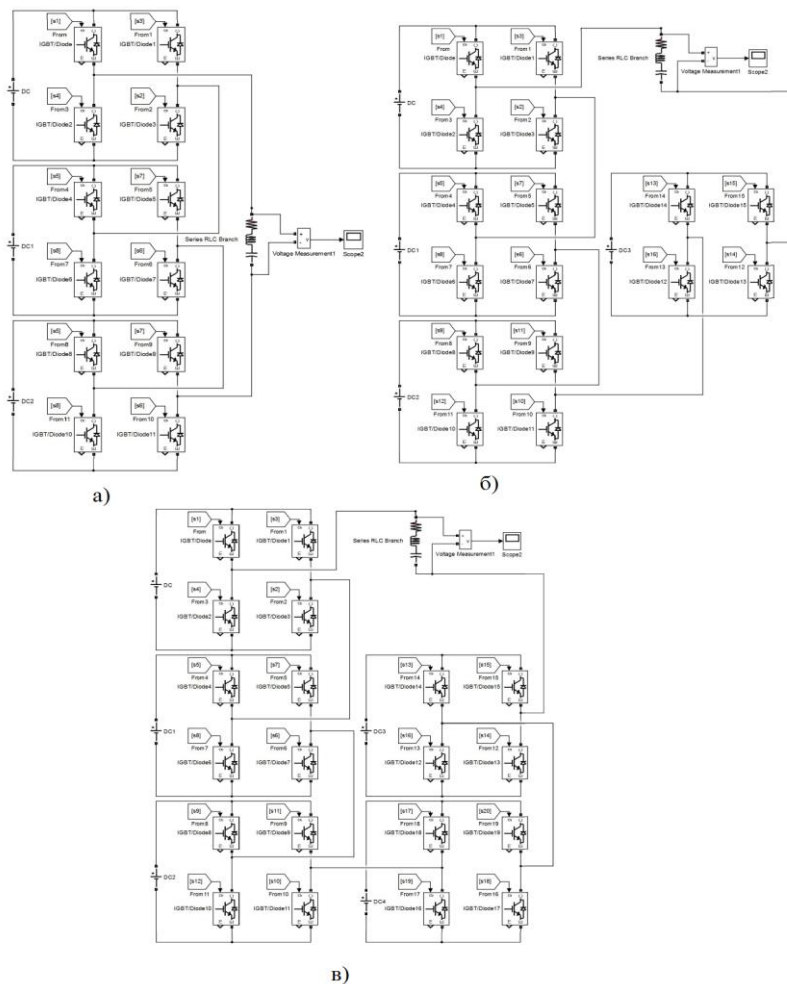


Рис. 3 Модель МАИН: а) 7-уровневого, б) 9-уровневого, в) 11-уровневого инвертора

В ШИМ с фазовым распределением (ФР-ШИМ) несущие сигналы, сдвинутые выше и ниже нулевых опорных значений, имеют одинаковую амплитуду и фазовый угол. Этот метод обеспечивает лучшие характеристики гармоник при более высоком индексе модуляции по сравнению с другими методами расположения. Форма напряжения несущих сигналов показана на (рисунке 4).

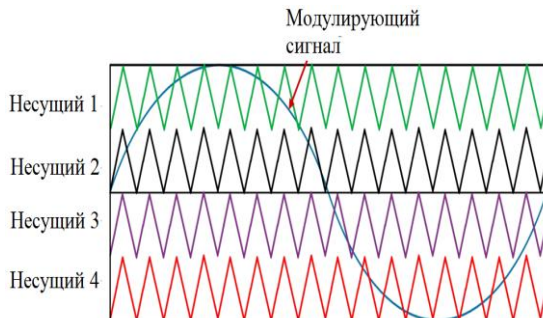


Рис. 4 Фазовое распределение ШИМ

В методе модуляции фазовой оппозиции (ФО-ШИМ) несущие сигналы выше нулевого опорного напряжения сдвинуты по фазе с сигналами ниже нулевого опорного напряжения на 180 градусов. Форма напряжения несущих сигналов этого метода показана на (рисунке 5).

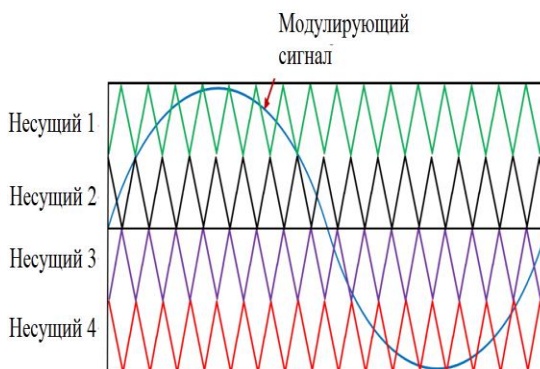


Рис. 5 Фазовая оппозиция ШИМ

Третий тип ШИМ распределения несущих известен как альтернативная фазовая оппозиция (АФО-ШИМ). В этом методе каждый несущий сигнал сдвигается по фазе относительно соседнего

несущего сигнала на 180 градусов. Форма напряжения несущих сигналов этого метода показана на (рисунке 6).

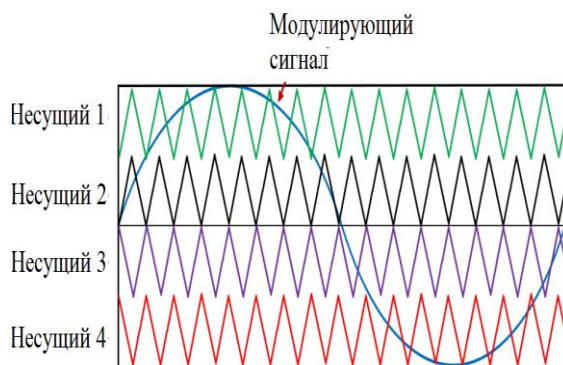


Рис. 6 Альтернативная фазовая оппозиция ШИМ

Результаты моделирования МАИН в ПО Matlab Simulink были сведены в единую (таблицу).

Таблица – Результаты моделирования различных способов ШИМ

	7-уровневый	9-уровневый	11-уровневый
ФР-ШИМ	17.86	13.70	10.58
ФО-ШИМ	17.30	16.47	10.91
АФО-ШИМ	19.23	13.83	10.94

В данной статье с целью определения наиболее эффективного способа широтно-импульсной модуляции для многоуровневого инвертора напряжения выполнено имитационное моделирование в пакете Matlab Simulink. В результате получены следующие выводы:

а. для 7-уровневого инвертора наиболее эффективным является способ фазной оппозиции;

б. для 9-уровневого инвертора наиболее эффективным является способ фазового распределения;

с. для 11-уровневого инвертора - наиболее эффективным так же является способ фазового распределения;

д. с увеличением количества уровней разброс значений коэффициента гармонических искажений для различных методов модуляции уменьшается.

В итоге можно сделать заключение, что среди трёх способов модуляции лучшим является способ фазового распределения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дыбко М. А. // Анализ энергетических показателей четырехуровневого инвертора напряжения / М.А. Дыбко, С.В. Брованов // Техническая электродинамика. Тематический выпуск. - 2009, Киев. - Ч. 3. - С. 27-32.
2. Стабилизация параметров выходного напряжения многоуровневых инверторов / Е.Е. Миргородская, В.А. Колчев, Н.П. Митяшин, Е.Д. Карнаухов // Вопросы электротехнологии. 2018.№ 1 (18). С. 70-79
3. Зиновьев, Г.С. Основы силовой электроники / Г.С. Зиновьев // Новосибирск: НГТУ, 2003. 664 с.
4. Электропривод в современных лифтовых установках / Н. Ю. Саввин, В. А. Соколов, Д. И. Прокопишин, П. В. Рощубкин // Актуальные исследования и разработки в области социально-экономических и технических наук: материалы Международной научно-практической конференции, Чистополь, 24 апреля 2020 года / ЧУДПО «Научно-исследовательский и образовательный центр». – Казань: ООО ПК «Астор, и Я», 2020. – С. 29-37. – EDN MIOTJS.

УДК 622.4

Маликов Е.А.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ШАХТЫ

В данной научной статье рассматривается оптимизация управления воздушными потоками в шахте для энергосбережения. Решением задачи является внедрение оптимизированной стратегии управления в дополнение уже существующей системе вентиляции.

Вопрос снижения стоимости производства тепла актуален как для жилищно-коммунальных хозяйств, так и для промышленных предприятий [1]. Термическая среда шахты относится к комбинированному воздействию и функции микроклимата, такого как температура, влажность, скорость ветра и тепловое излучение на тепло тела. Поэтому утилизация, трансформация и возвращение в хозяйственный оборот низкопотенциальных возобновляемых

источников энергии (ВИЭ) и вторичных энергоресурсов (ВЭР), неизбежно возникающих при подготовке угольного месторождения и добыче угля является актуальной задачей [2].

С дальнейшим увеличением глубины разработки проблема теплового воздействия на шахту становится серьезной. Большинство существующих шахтных систем кондиционирования воздуха используют крупную сетевую электроэнергию, которая закупается электрическим охлаждением, что связано не только с большим энергопотреблением и высокой стоимостью, но также с растущей нехваткой электроэнергии и дороговизной, что приводит к высоким затратам приводит к экономическому спаду в добыче угля или железорудного концентрата.

Анализ причин теплового повреждения шахт

Существуют десятки причин, которые приводят к тепловому повреждению шахты и вот одни из них:

1. Влияние температуры угля и породы.

Геотермальное тепло в угольных шахтах или железорудных всегда является самой важной причиной ущерба. Температуры дорожного полотна из угля и горных пород, несомненно, является наиболее важным источником геотермальной энергии. Как показывают соответствующие данные, при входе в зону постоянной температуры под землей температурный градиент поверхности будет постепенно увеличиваться, с повышением температуры влияние на операционную сторону будет все более и более очевидным.

Из-за особой структуры пласта и его воздействия на воздух в туннеле невозможно точно рассчитать температуру дорожного полотна, окружающую породу и сам пласт.

2. Влияние охлаждения крупного электрического и механического оборудования.

Электрическое и механическое оборудование под землей включает в себя проходческое оборудование и электротранспортное оборудование. Это одна из причин, по которой повышение температуры воздуха в туннеле приводит к выделению тепла при работе.

3. Влияние температуры испарения подземных вод.

Когда температура воды ниже, испарение значительно снижает температуру в скважине; и также напротив, если соединить грунтовые воды и высокотемпературные горячие источники, это повысит температуру в шахте.

Основной вариант подземного охлаждения

Как вариант можно спроектировать миниэлектростанцию которая используется в режиме ССНР и по этому же принципу (ССНР-

комбинированное охлаждение, тепло и энергия) Ее особенностью является то, что источником газа является дренажный газ из шахты и отходящее тепло можно будет полностью утилизировать. Когда летом температура выше и нам не требуется обеспечивать пользователей теплом, то он пропускает холод через систему абсорбционного охладителя с бромистым литием и через насосную станцию, которая отправляет это все обратно в шахту [3]. Когда наступает зима, температура в шахте недостаточно высока, чтобы вызвать тепловую нагрузку, холодильные установки могут быть частично закрыты, а большое количество отработанного тепла может быть передано по трубопроводу офисным или жилым потребителям для отопления. Данная система повышает тепловую эффективность, а также обеспечивает защиту окружающей среды. Это один из наиболее экономичных и экологических способов использования газа при термическом повреждении и высокой добыче газа.

Установка и выбор станции охлаждения в грунте

Наземная станция охлаждения, как правило, расположена в наилучшем балансе между электростанциями и расположением шахты в соответствии с реальной ситуацией, чтобы снизить тепловые потери и повысить общую тепловую эффективность.

Абсорбционные охладители состоят из бромистого лития и аммиачной холодильной установки.

Установка холодильного цикла абсорбции бромистого лития особенно подходит для работ по кондиционированию воздуха благодаря своему плавному ходу, низкому уровню шума, диапазону регулировки энергии, простоте обслуживания. Это, несомненно, один из лучших вариантов для охлаждения шахт.

Проектирование и компоновка подземной холодильной системы

Всю систему охлаждения можно спроектировать как систему водяного охлаждения с замкнутым контуром, в которой температура выходящей воды системы охлаждения с бромистым литием образует охлаждающую воду под высоким давлением и за счет дальнейшего охлаждения электрической холодильной установкой винтового типа, составляет 7°C.

Далее транспортируется под давлением по морозильным трубам на станцию теплообмена под землей через ветряной колодец с помощью изоляционных насосов (обычно прокладываемых в специальной пещере), чтобы завершить замкнутый цикл высокого давления стороне во время процесса, чтобы он возвращался в испаритель наземного охладителя бромистого лития после обмена теплом с холодной водой со стороны низкого давления; в

подземном распределителе хладагента (теплообменная станция высокого и низкого давления) охлажденная вода низкого давления после обмена рабочей средой прокачивается по трубам теплопередачи в воздухоохладители земляных работ. Он образовал замкнутый контур низкого давления после непрямого обмена между холодной водой и воздушным потоком и возврата на станцию теплообмена подземлей [4].

Принимая во внимание проблемы повышения температуры, вызванные потерей холода при передаче, и факторы падения давления, необходимо изолировать трубу теплообменника холодной воды, которая подводится к забойным шахтам под землей, и провести необходимые расчеты, чтобы мы могли получить более подходящий диаметр для уменьшения потери охлаждения. Трубопроводы можно было бы параллельно прокладывать вдоль подземного туннеля вентилиционной линии.

Достоинством этой конструкции является то, что мы можем гибко выбирать рациональную комбинацию охлаждающих термостатов (чиллеров) [5]. Мы можем свернуть холодильную установку, когда подземная температура быстро падает до определенной степени (например, при охлаждении до 25 °С ниже), и используйте только бромисто-литиевую холодильную установку для поддержания подземной температуры в целях экономии электроэнергии. Когда подземная температура превышает 26 °С, электрическая холодильная установка вновь открывается для вспомогательного охлаждения. Мощность, вырабатываемая газогенератором, может полностью

Охлаждение шахты с термическим повреждением является очень экономичной моделью для использования энергии в режиме ССНР (комбинированное охлаждение, тепло и энергия), получаемой из угольного газа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варакута В.В., Бирюков А.Б., Гнитиёв П.А. Гибридная энергогенерирующая станция // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 186-195.
2. Ткаченко А.Е., Гавриленко Б.В., Неежмаков С.В. Методика повышения эффективности работы группы котлоагрегатов низкотемпературного кипящего слоя // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 100-106.
3. Сергеев С.В., Воробьев Е.Д., Фролов Н.В. Обследование ствола шахты, эксплуатируемого в сложных инженерно-геологических

условиях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 63-67.

4. Курочкин В.В., Авербух М.А. Построение системы плавного пуска электропривода аппаратов воздушного охлаждения сырого природного газа // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 211-216.

5. Шашин А.В., Шепс Р.А., Семиненко А.С., Минко В.А. Местная вытяжная вентиляция с эжектированием взрывоопасных веществ и рециркуляцией очищенного воздуха // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 2. С. 38-48.

УДК 622.4

Маликов Е.А.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ В ШАХТАХ

Вопрос снижения стоимости производства тепла актуален как для жилищно-коммунальных хозяйств, так и для промышленных предприятий [1]. Также развитием технического уровня промышленности и увеличением глубины разработки шахт с высокой температурой становится все больше и больше и их количество, а потребление тепловой энергии для обогрева наземных зданий и предотвращения замерзания шахт в модернизированных шахтах становится все выше. С помощью некоторых внедренных систем осуществляется охлаждение шахты, перерабатываются и утилизируются подземные тепловые ресурсы, а также удовлетворяется двойная потребность как в высокотемпературном охлаждении шахты, так и в обогреве наземных зданий. Эта система обеспечивает значимый ориентир для утилизации энергии и снижает инвестиции в оборудование и эксплуатационные расходы.

Наибольший расход электроэнергии при эксплуатации рудников и шахт приходится на вентиляцию. На типичном подземном руднике до одной трети от общего числа энергопотребления уходит на систему вентиляции. Сокращение производственных расходов является целью любой программы повышения эффективности горного предприятия [2]. Поэтому утилизация, трансформация и возвращение в хозяйственный

оборот низкопотенциальных возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и вторичных энергоресурсов (ВЭР), неизбежно возникающих при подготовке угольного месторождения и добыче угля является актуальной задачей [3].

Общий план использования тепловой энергии в шахте

Система, которая сочетает в себе охлаждение шахты и утилизацию отработанного тепла, спроектирована на земле, и в качестве основных устройств используются теплонасосные агрегаты с функцией либо охлаждения, либо обогрева. Можно использовать следующие варианты для управления утилизации тепловой энергии для ее последующего использования:

1. Зимой несколько установок работают на охлаждение шахты, в то время как большинство из них обеспечивают подачу тепла за счет рекуперации возвратного воздуха после нагрева и конденсации тепла в шахте.

2. Летом теплонасосные установки работают за счет двухступенчатого охлаждения, обеспечивая холодную воду для охлаждения шахт.

3. Кожухотрубный теплообменник высокого и низкого давления используется в шахте для решения проблемы высокогидростатического давления.

4. Теплообменник обратного воздуха установлен на выходе главного вентиляционного вентилятора. Он используется для рекуперации возвратного воздуха после нагрева в шахте зимой и для отвода тепла конденсации от охлаждения шахты летом.

Рабочая среда в шахте включает отвод тепла от высокотемпературных ограждений и угольных стен, отвод тепла от электромеханического оборудования во время работы, выделение тепла из породы во время транспортировки, теплосжигания от воздушного потока, экзотермическое окисление и отвод тепла от персонала и рабочих.

– Отвод тепла от электромеханического оборудования во время работы

Модернизированные крупномасштабные шахты характеризуются высокой механизацией, а их электромеханическое оборудование имеет большие установленные мощности. Основная причина поддержания подземного забоя при высоких температурах.

– Отвод тепла от персонала и рабочих

Количество тепла, которое рассеивает человек, зависит от интенсивности его труда и его телосложения, но его общее количество

невелико, поэтому оно оказывает меньшее влияние на метеорологические условия.

Пригодный для вторичной переработки источник тепла

Отходящее тепло в шахте в конечном счете передается на землю возвратным воздухом шахты и охлаждающей водой из шахтного охлаждения. В то же время, отходящее тепло от них, утилизируется, которое можно использовать в качестве источника отопления зимой.

В качестве использования тепловой энергии шахты можно привести схему на (рисунке 1). На ней показан процесс подземного охлаждения весной, летом и осенью. Летом, весной и осенью система работает за счет двухступенчатого охлаждения. Первичные теплонасосные агрегаты охлаждают при большой разнице температур и отвечают за основную нагрузку на охлаждение. Вторичные теплонасосные агрегаты имеют низкую эффективность работы и отвечают за оставшуюся нагрузку на охлаждение. Первичная охлажденная вода температурой $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, подаваемая двухступенчатыми установками, подается в подземную холодильную камеру, а затем обменивается на вторичную охлажденную воду низкого давления через подземный теплообменник высокого и низкого давления. Вторичная охлажденная вода передает холод в каждое место охлаждения, где холод высвобождается подземным воздушным охладителем для обеспечения охлаждения шахты.

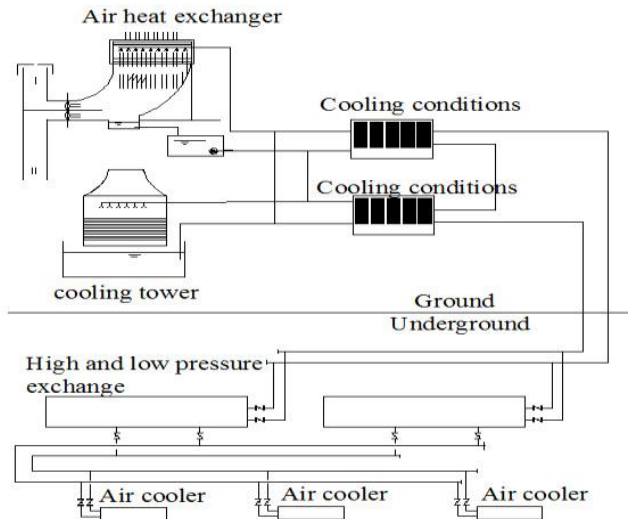


Рис.1 Процесс для лета осени и весны

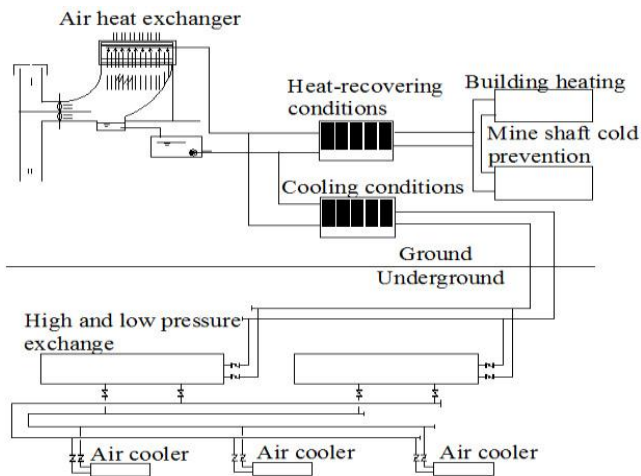


Рис. 2 Процесс для зимы

На (рисунке 2) показан процесс подземного охлаждения и рекуперации отработанного тепла зимой. Зимой подземное отходящее тепло в конечном счете передается на землю возвратным воздухом шахты и охлаждающей водой из подземной системы охлаждения. Поскольку нагрузка на подземное охлаждение меньше, только несколько установок работают для подземного охлаждения. Между тем, большинство теплонасосных агрегатов работают в режиме обогрева и обеспечивают тепловую энергию для предотвращения замерзания шахты и отопления зданий за счет рекуперации низкотемпературного тепла возвратного воздуха шахты и подземной охлаждающей воды.

Определение узла для теплового насоса

В качестве блоков первичного охлаждения для охлаждения шахты и рекуперации отработанного тепла в зимний период можно выбрать четыре комплекта охладителей со шнековым тепловым насосом с источником затопленной воды мощностью 2200 кВт. Еще четыре с холодопроизводительностью 1600 кВт в качестве блоков вторичного охлаждения для охлаждения шахты. Для описания работы теплового насоса можно привести примеры:

Пример 1. Условия охлаждения весной, летом и осенью.

Спроектированы четыре холодильные станции. Каждая холодильная станция оснащена двумя комплектами охладителей с винтовым тепловым насосом с источником затопленной воды. Один из них имеет холодопроизводительность 2200 кВт, а другой - 1600 кВт. Два комплекта тепловых насосов охладитель работает последовательно.

Четыре комплекта охладителей со шнековым тепловым насосом с источником затопленной воды мощностью 2200 кВт обеспечивают первичный источник холода для охлаждения шахты. Температура подачи воды составляет 7,5°C. Еще четыре установки с холодопроизводительностью 1600 кВт работают для обеспечения вторичного источника холода. Температура подачи воды составляет 2,5°C. Их общая холодопроизводительность достигает 15 200 кВт, что достаточно для требуемой нагрузки на охлаждение в 14 600 кВт.

Пример 2. Рабочие условия охлаждения и восстановления после нагрева зимой.

Существует только одна холодильная станция, работающая зимой, чтобы решить проблему подземного высокотемпературного отходящего тепла, которое рассеивается механическим оборудованием. Кроме того, тепло конденсации может быть использовано в качестве источника отопления зимой. Одна система выполняет две функции: охлаждения и обогрева [3]. Другие три комплекта охладителей с винтовым тепловым насосом с источником затопленной воды используются для рекуперации тепловой энергии возвратного воздуха шахты в соответствии с температурой наружного воздуха зимой, а затем для обогрева грунта.

Во время исследования была разработана система охлаждения шахт и рекуперации тепла, которая всесторонне удовлетворяет двойным требованиям охлаждения шахт и обогрева наземных зданий путем сравнительного анализа потребностей охлаждающей способности при охлаждении шахт, потребности в тепле наземных зданий и предотвращения замерзания шахт и вторичного нагрева в шахтах [4].

В этой статье предлагается, чтобы для охлаждения шахт использовалось двухступенчатое наземное охлаждение, чтобы первичная охлажденная вода переносилась большой разницей температур, а теплообменник высокого и низкого давления предназначен для снижения статического давления в шахте. Достигается как экономия энергии, так и сокращение выбросов, а воздух становится менее загрязненным [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мильто О.А., Амосов Н.Т. Применение конденсационных теплоутилизаторов для повышения эффективности работы котельных агрегатов// Энергетические системы. 2020. № 1. С. 59-66.

2. Варакута В.В., Бирюков А.Б., Гнитиёв П.А. Гибридная энергогенерирующая станция // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 186-195.

3. Ткаченко А.Е., Гавриленко Б.В., Неежмаков С.В. Методика повышения эффективности работы группы котлоагрегатов низкотемпературного кипящего слоя // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 100-106.

4. Сергеев С.В., Воробьев Е.Д., Фролов Н.В. Обследование ствола шахты, эксплуатируемого в сложных инженерно-геологических условиях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 63-67.

5. Курочкин В.В., Авербух М.А. Построение системы плавного пуска электропривода аппаратов воздушного охлаждения сырого природного газа // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 211-216.

6. Шашин А.В., Шепс Р.А., Семенов А.С., Минко В.А. Местная вытяжная вентиляция с эжектированием взрывоопасных веществ и рециркуляцией очищенного воздуха // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 2. С. 38-48.

УДК 574.36

Маликов Е.А.

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

ПРИМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ

Переход к низкоуглеродной экономике с помощью широкого спектра взаимодействующих стратегий и инструментов укрепляется во всем мире. Все больше свидетельств изменения климата и растущей зависимости от энергии подчеркивают большинства стран мира стать экономикой с низким энергопотреблением и потреблять энергию, которая является надежной, безопасной, конкурентоспособной, местного производства и устойчивой. В настоящее время в большинстве развитых стран биогазовые технологии стали приоритетным способом переработки отходов коммунального и сельскохозяйственного сектора. Тем самым в значительной мере сокращаются выбросы газов, влияющих на парниковый эффект [1].

Биомасса считается биологическим материалом из живых, или же давно живых организмов, чаще всего растений или материалов, связанных с ними. В качестве возобновляемого источника энергии, биомасса имеет возможности повторного применения в качестве биотоплива или биогаза. Широкое практическое применение ВИЭ ограничивается двумя серьезными недостатками - невысокой плотностью энергетических потоков и их непостоянством во времени. [2] Биотопливо и биожидкости в лучшем виде должны обеспечивать минимальную экономию парниковых газов (ПГ) в размере 35% по сравнению с ископаемым топливом. Так, к примеру, в последних предложениях Европейской комиссии топливо из биомассы должно соответствовать критериям устойчивости и экономии парниковых газов в 2020 году и далее, только если оно используется в установках, производящих электроэнергию, отопление и охлаждение. Эти требования применяются к топливу из биомассы мощностью 20 МВт и выше в случае твердого топлива из биомассы и 0,5 МВт и выше в случае газообразного топлива из биомассы. Кроме того, некоторые страны ЕС запретили использование определенных видов сырья из биомассы для биоэнергетики, таких как Бельгия, Финляндия и Нидерланды. Бельгия и Венгрия стремятся к тому, чтобы использование энергии было последним шагом в иерархии использования сырья из биомассы. Это называется "каскадным принципом".

Типы схем поддержки для продвижения возобновляемых источников энергии

Схемы поддержки по продвижению возобновляемых источников энергии предназначены для покрытия разрыва между затратами на энергию (электроэнергию или тепло) и доходами. Схемы поддержки должны быть достаточно гибкими, чтобы учитывать изменения в развитии затрат и технологий и, таким образом, сводить к минимуму предоставляемую финансовую поддержку [3]. Разработка схемы поддержки также должна отражать необходимость решения долгосрочных задач содействия технологическим инновациям, экономии за счет масштаба, сокращения затрат и побочных эффектов, которые будут способствовать достижению к декарбонизации. Так, одним из основных направлений поддержки политики в области возобновляемых источников энергии должно быть разделение между производством и оплатой для уменьшения рыночных искажений, поскольку это идет в пользу аукционов, основанных на количественных показателях. Ниже хотелось бы привести пример, схемы поддержки для содействия ВИЭ, который используется в странах ЕС.

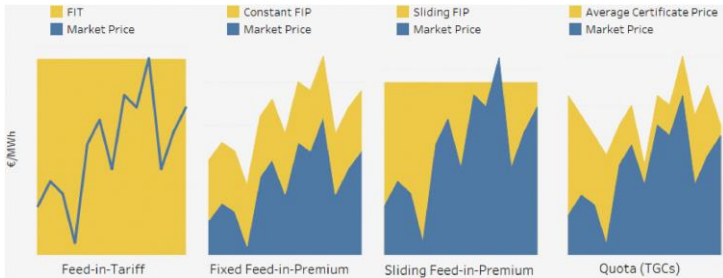


Рис. 1 Основные типы схем поддержки для содействия внедрению технологий использования возобновляемых источников энергии.

Где: Feed-in-Tariff- Льготный тариф Quota-Квота, Fixed Feed-in-Premium- фиксированная премия, Sliding Feed-in-Premium- Скользящая премия

В секторе электроэнергетики в таких странах, как Франция, Польша и Португалия, применяются регулирующие меры в отношении биогаза и новых установок на биомассе. В секторе отопления/охлаждения большинство примененных мер приходится на финансовые показатели. Эти финансовые меры направлены на субсидии, налоговые льготы, схемы биоэнергетики для использования непищевых энергетических культур, поддержку систем централизованного теплоснабжения с использованием древесной биомассы, эко-фонды для продвижения древесной биомассы, инвестиционные гранты для производства и продажи биогаза, программы стимулирования рынка биогаза, нулевая ставка ЭКО-кредит на строительство для повышения общей энергии производительность жилья, дровяное отопление меры поддержки, стимулирования установки в зданиях более эффективных экологически чистой энергии систем, работающих на биомассе для отопление/кондиционер, поддержки инвестиций при обработке/маркетинга и/или развитие сельского хозяйства продукты и т.д.

Биомасса для целей охлаждения в основном используется в централизованных системах, например, в сочетании с централизованным теплоснабжением, тогда как децентрализованные системы охлаждения в настоящее время приводятся в действие электричеством, солнечной энергией или тепловыми насосами. Так котел на биомассе для охлаждения может иметь более высокую эффективность по сравнению с эффективностью масляного котла. Однако, значительные затраты на биомассу для систем охлаждения затрудняют конкурентоспособность компрессионных тепловых насосов [4].

Спрос на охлаждение по-прежнему составляет небольшую часть спроса на отопление/охлаждение и различается в разных странах, так к примеру, в Германии спрос на охлаждение составляет менее 4% от спроса на отопление, тогда как в Италии эта доля колеблется от 10 до 15%. Использование биомассы в целях охлаждения выигрывает от той же поддержки, которая оказывается биомассе для производства энергии, а также от инноваций в повышении эффективности технологий, применяемых для этой цели. Использование биомассы для целей охлаждения по-прежнему составляет небольшую часть рынка биоэнергетики [5].

Так же биогаз имеет большой потенциал для применения в качестве замены традиционного газового топлива [6-8].

Биоэнергетика является основным источником на рынках возобновляемых источников энергии не только стран ЕС, но и впоследствии и стран СНГ, и обладает большим потенциалом для низкоуглеродной экономики благодаря более низкому углеродному следу продуктов. Кроме того, в некоторых странах очевидна конкуренция с низкими ценами на газ, используемый для отопления, или уголь для производства электроэнергии, что влияет на медленное внедрение биомассы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соснина Е.Н., Чивенков А.И. Вопросы сопряжения параметров источников малой распределенной энергетики // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 158-164.

2. Евстюничев 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.

3. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. Расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом ректоре компрессора // // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 97-99.

4. Суслов Д.Ю., Темников Д.О. Тепловой баланс биореактора с барботажным перемешиванием биомассы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 182-185.

5. Суслов Д.Ю., Темников Д.О. Компьютерное моделирование перемешивания субстрата в биогазовых установках // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 153-156.

6. Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С. Определение энергетических показателей биогазового топлива // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 240-247.

7. Рамазанов Р.С., Суслов Д.Ю., Швыдкая М.А. К вопросу сжигания биогаза в вихревых горелках // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 343-349.

8. Леонов Е.С., Трубаев П.А. Исследование влияние состава биогаза на свойства факела // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 183-189.

УДК 621.181

Мальцев К.И.

Научный руководитель: Гиль А.В., канд. техн. наук, доц.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ С ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ КОМПОНОВКОЙ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Аэродинамика топочной камеры оказывает существенное влияние на организацию сжигания топлива и поддержание высокой эффективности топочного процесса (полнота выгорания топлива, снижение шлакования топочной камеры) [1, 2].

Применение тангенциальной компоновки горелочных устройств осуществляется путем создания вихревой аэродинамической структуры преимущественно в центре топочной камеры. Наличие вертикального вихря в центре топочной камеры способствует созданию высокотемпературного ядра факела, тем самым снижая температуру у стенок экранных труб.

Для эффективного протекания процессов горения рекомендуется использование топочных камер с поперечным сечением, близким к квадратному (соотношение сторон не более 1,2) [2].

Но данные схемы используется и в топочных камерах энергетических котлов, у которых поперечное сечение топки превышает рекомендованное соотношение сторон. Например, на Артемовской ТЭЦ в Приморском крае, эксплуатируются паровые котлы

БКЗ-220-100Ф, предназначенные для факельного сжигания пылевидного твердого топлива с отношением сторон равным 1,4.

Компоновка котла выполнена по П-образной схеме. Топочная камера прямоугольного сечения 6656х9536 мм снабжена четырьмя двойными пылевыми щелевыми горелками, расположенными на боковых стенах топочной камеры и направлены по касательной к окружности диаметром 1330 мм (рисунок 1).

В качестве основного топлива используется бурый уголь Артемовского месторождения.

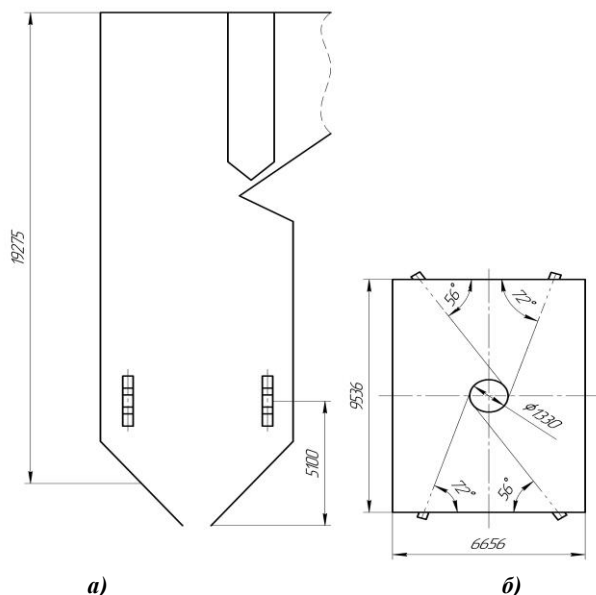


Рис. 1 Эскиз топки котла БКЗ-220-100Ф: а – продольное сечение; б – сечение в плане с расположением горелочных устройств

Для исследования аэродинамики в топочной камере парового котла использовался программный комплекс ANSYS Fluent.

Полученные результаты численного исследования показывают, что компоновка горелочных устройств обеспечивает создание вихря в топочной камере. Из-за особенностей размеров топочной камеры (соотношение сторон составляет 1,4) наблюдается смещение горелочных струй на экраны топки [3]. Смещение обуславливается тем, что потоки, вытекающие из горелок, имеющих меньший угол атаки отклоняются и набегает на фронтальной и тыльной экраны топки,

создавая опасные условия по шлакованию. Из-за чрезмерного шлакования экранных поверхностей происходит перераспределение тепловыделения в топочной камере, что влечет за собой увеличение температуры дымовых газов на выходе из топки, а это повлечет за собой увеличение температуры перегретого пара и увеличение температуры металла пароперегревателя [4].

Для снижения воздействия потоков на экранные поверхности предложены варианты модернизации компоновки горелочных устройств:

– вариант 1 – диагональная компоновка, при которой оси всех горелок пересекаются в центре топочной камеры (рисунок 2б).

– вариант 2 – тангенциальная компоновка горелочных устройств, горелки располагаются на фронтальной и тыльной экранах и направлены по касательной к окружности 900 мм (рисунок 2в).

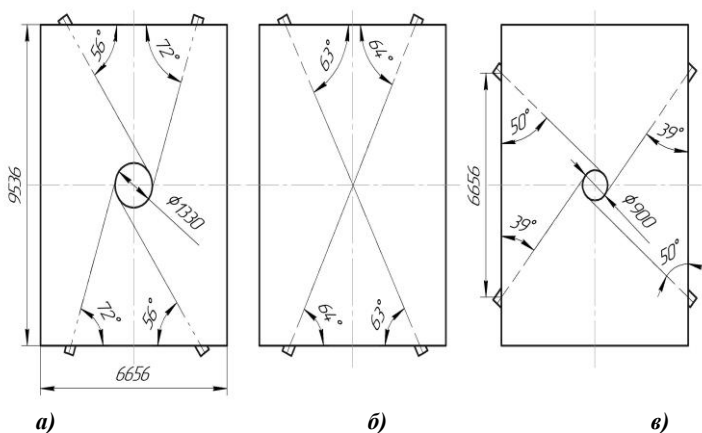


Рис. 2 Расположение горелочных устройств: а – исходная компоновка; б – вариант 1; в – вариант 2

В результате проведения численных исследований получены поля скоростей в топочном объеме (рисунок 3). При диагональной компоновке вихрь имеет вытянутую эллипсоидную форму, в следствии повышенного давления в центре топки, образующегося в результате соударения струй, от места столкновения потоки с большой скоростью устремляются вверх и вниз. У стенок топочной камеры наблюдаются значительные вихревые зоны (рисунок 3б).

При схеме с расположением горелок на фронтальной и тыльной стенах вихрь располагается преимущественно в центре топочной камеры, но

из-за особенностей размеров топочной камеры происходит закручивание струй в углы топочной камеры (рисунок 3в).

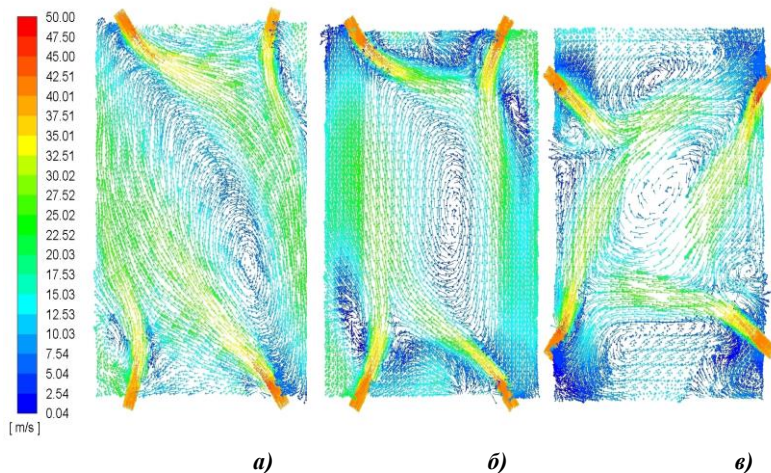


Рис. 3 Векторное поле скоростей (м/с) в горизонтальном сечении топочной камеры: а – исходная компоновка; б – вариант 1; в – вариант 2

С использованием методов численного моделирования проведено исследование аэродинамической структуры в топочной камере с тангенциальной компоновкой горелочных устройств. Исходная компоновка обеспечивает создание вихря в топочной камере, но из-за особенностей размеров топочной камеры происходит смещение высокотемпературных струй на экраны топочной камеры. С целью снижения воздействия на экраны, предложены варианты модернизации компоновки горелочных устройств. По результатам численного исследования наиболее перспективной является компоновка горелочных устройств с размещением на фронтном и тыльном экранах топочной камеры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Померанцев В.В., Арефьев К.М., Ахмедов Д.Б. и др. Основы практической теории горения: учеб. пособие для вузов. Л.: Энергоатомиздат, 1986. 312 с.
2. Хзмалян Д.М., Каган А.Я. Теория горения и топочные устройства. М.: «Энергия», 1976. 488 с.
3. Мальцев К.И., Заворин А.С, Гиль А.В. Численное исследование

процессов в топочной камере котла паропроизводительностью 220 т/ч при переводе на непроектное топливо // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. XXVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Москва: ООО «ЦПУ «Радуга»», 2021. – 881 с.

4. Коваль Т.В., Кудряшов А.Н. Оценка шлакующих и загрязняющих свойств углей, сжигаемых на тепловых электростанциях ПАО «Иркутскэнерго» // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – Т. 24. – №3(152). – С. 639-648.

УДК 621.316.925.1

Миловидов И.А.

Научный руководитель: Кутумов Ю.Д., асс.

*Ивановский государственный энергетический университет
им. В.И. Ленина, г. Иваново, Россия*

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ НАПРАВЛЕННОЙ
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ
НЕСИММЕТРИИ ТОКОВ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ
ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ**

Устройства релейной защиты (РЗ) в электроэнергетических системах (ЭЭС) представляют собой многофункциональные устройства, предназначенные для автоматического отключения поврежденного элемента (как правило, при коротких замыканиях (КЗ)) от остальной, неповрежденной части системы. С учётом разделения всех событий или состояний защищаемого объекта на три группы (внутренние КЗ – в пределах защищаемого объекта, внешние КЗ – за пределами защищаемого объекта) и режимы без КЗ), всё множество функций устройства РЗ можно также разделить на три вида [1]:

- срабатывание при внутренних КЗ;
- несрабатывание при внешних КЗ;
- несрабатывание в режимах без КЗ (в нормальных и аномальных режимах работы энергосистемы).

Устройства РЗ для идентификации КЗ/режимов без КЗ используют нормальные и аварийные составляющие фазных/междуфазных токов и напряжений, а также формируемые величины, такие как симметричные

составляющие обратной и нулевой последовательностей, замеры реле сопротивления и пр.

Особый интерес в контексте обеспечения выполнения устройством РЗ указанных выше функций представляет такой энергообъект, как тяговая подстанция переменного тока с трёхфазными трансформаторами, тяговая обмотка которого имеет напряжение 27,5 кВ и соединена в «треугольник». В силу того, что одна из фаз данной обмотки подключена к заземленному рельсу, а две другие фазы питают отдельные дистанции электроснабжения железной дороги (рисунок 1), для таких сетей характерен высокий уровень естественной несимметрии, характеризующийся высоким уровнем токов обратной последовательности (ОП) [2].

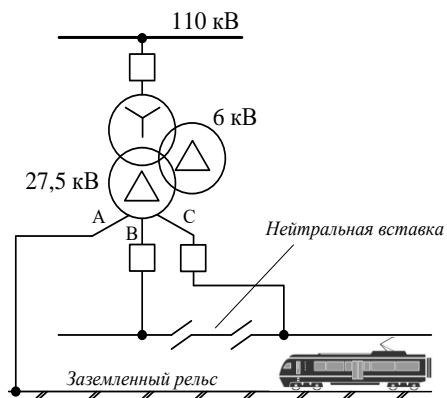


Рис. 1 Тяговая подстанция переменного тока с трёхфазным трансформатором

Отношение тока ОП к току прямой последовательности в таких сетях может достигать значения $I_2/I_1 = 1,0$ (в случае наличия подвижного состава только на одном «плече» подстанции). Вместе с этим, стоит отметить, что существуют устройства РЗ, которые реагируют на увеличение тока ОП при КЗ. К таким устройствам относятся токовые защиты обратной последовательности синхронных генераторов и автотрансформаторов, пусковые блокирующие и отключающие измерительные органы (ИО) дифференциально-фазных защит линий электропередачи (ДФЗ ЛЭП) [3] и направленных высокочастотных защит (НВЧЗ) ЛЭП [4].

Блокирующие ИО по току ОП запускают ВЧ-приемопередатчик ДФЗ и НВЧЗ, а отключающие – дают разрешающую команду на отключение выключателя вместе с ИО, реализующими принцип

действия защиты. Устойчивое несрабатывание данных ИО в режимах без КЗ в условиях влияния естественной несимметрии по току ОП позволит продлить срок службы и устойчивость работы ВЧ-аппаратуры, особенно для защит на традиционной элементной базе (НВЧЗ типа ПДЭ-2802 и ДФЗ типа ДФЗ-201 и пр.), в которых вывод указанных ИО по току ОП не представляется возможным.

Таким образом, вышеуказанное обуславливает актуальность цели данной работы, которая состоит в оценке и обеспечении устойчивости функционирования ИО по току ОП в составе схем ДФЗ и НВЧЗ, используемых для защиты ЛЭП 110–220 кВ в энергорайонах с тяговыми подстанциями.

Устойчивость несрабатывания указанных ИО НВЧЗ в режимах без КЗ в условиях влияния естественной несимметрии будет обеспечена соответствующей отстройкой по методикам, приведенным, например, в [4].

Решение задачи обеспечения несрабатывания ИО НВЧЗ от тока обратной последовательности не может быть достигнуто без решения задачи определения величины тока ОП. Как правило, телеметрия в современных оперативно-информационных комплексах (ОИК) в сетях 110–220 кВ осуществляется для действующих значений фазных токов, без указаний начальных фаз этих токов. При этом из метода симметричных составляющих известно, что токи прямой и обратной последовательности нельзя посчитать без значений начальных фаз фазных токов:

$$\dot{I}_2 = \frac{1}{3} \cdot (\dot{I}_A + \dot{a}^2 \cdot \dot{I}_B + \dot{a} \cdot \dot{I}_C), \quad (1)$$

где $a = e^{j120^\circ}$; $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ – значения векторов фазных токов.

Для расчёта величины тока обратной последовательности без информации о начальных фазах необходимо задаться неким граничным условием. Режим заземления нейтрали сети 27,5 кВ подразумевает нулевое значение тока нулевой последовательности $3I_0$ в сети 110 кВ:

$$\dot{I}_0 = \frac{1}{3} \cdot (\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C) = 0. \quad (2)$$

Из граничного условия (2) представляется возможным с использованием векторной диаграммы на (рисунок 2) получить информацию об относительных (при заданной начальной фазе тока \dot{I}_A) начальных фазах токов $\dot{I}_B = I_B \cdot e^{j\beta}$ и $\dot{I}_C = I_C \cdot e^{j\alpha}$:

$$\cos \beta = \frac{-I_C^2 + I_A^2 + I_B^2}{2I_A I_B}, \quad (3)$$

$$\sin \alpha = \frac{I_B}{I_C} \sin \beta, \quad (4)$$

где α и β – начальные фазы токов \dot{I}_B и \dot{I}_C соответственно.

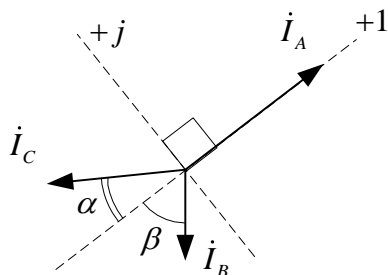


Рис. 2 Векторная диаграмма токов ЛЭП в энергорайоне с тяговой подстанцией

Уравнение (1) и анализ векторной диаграммы на (рисунке 2) позволяют получить расчётные выражения для расчёта действительной I_{2re} и мнимой I_{2im} части вектора тока ОП \dot{I}_2 (по известным значениям α и β – начальных фаз токов \dot{I}_B и \dot{I}_C соответственно):

$$I_{2re} = 0,5I_A - \frac{\sqrt{3}}{3} I_B \sin \beta, \quad (5)$$

$$I_{2im} = \frac{\sqrt{3}}{3} I_B \cos \beta - \frac{\sqrt{3}}{6} I_A. \quad (6)$$

По полученным значениям I_{2re} и I_{2im} нетрудно получить действующее значение тока обратной последовательности:

$$I_2 = \sqrt{I_{2re}^2 + I_{2im}^2}. \quad (7)$$

Рассмотрим применение описанной выше методики на примере одной из воздушных ЛЭП 110 кВ, располагающейся в ЕЭС России. Информация о фазных токах исследуемой ЛЭП должна быть получена для каждого из 7 дней недели; при этом, частота взятия (анализа) телеметрического замера должна удовлетворять примерному графику движения подвижного состава. По итогам анализа была принята частота взятия замера, равная 5 мин. На рис. 3 изображена зависимость

действующего значения фазных токов исследуемой ЛЭП и рассчитанного по выражениям (3)–(7) тока ОП I_2 от времени для одного из дней недели (день контрольного замера).

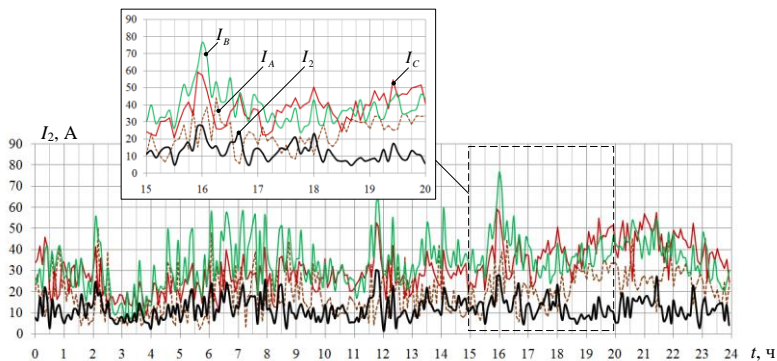


Рис. 3. Зависимость действующих значений фазных токов исследуемой ЛЭП от времени и тока обратной последовательности в день контрольного замера

Из (рисунка 3) и полученных в результате расчёта таблиц было установлено, что в день контрольного замера максимальная величина действующего значения тока ОП составляет $I_{2н.р.} = 31$ А.

Из [4] известно, что величина тока срабатывания, блокирующего ИО по току ОП НВЧЗ (ПДЭ-2802) рассчитывается следующим образом:

$$I_{2 \text{ бл.уст.}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot (I_{2 \text{ нб}} + I_{2 \text{ н.р.}}), \quad (8)$$

где $k_{\text{отс}} = 1,3$; $k_{\text{в}} = 0,9$; $I_{2 \text{ нб}}$ – ток небаланса, обусловленный погрешностями ФТОП, ТТ, отклонением частоты сети и пр. Значение тока небаланса определяется коэффициентом небаланса $k_{2 \text{ нб}}$, величина которого при расчёте по [4] получается равной 0,028 и максимальным рабочим током защищаемой ЛЭП, который равен 600 А: $I_{2 \text{ нб}} = 0,028 \cdot 600 = 17$ А; $I_{2 \text{ н.р.}}$ в практике проектных приближённых расчётов принято принимать равным 0.

Учёт же ненулевого значения составляющей приведет к значению уставки $I_{2 \text{ бл.уст.}}$, равному 70 А, что более чем в 2 раза больше, чем значение, полученное при допущении $I_{2 \text{ н.р.}} \approx 0$. Увеличение расчётного значения уставки блокирующего ИО приведет и к увеличению расчётного значения уставки отключающего ИО, которая рассчитывается по выражению:

$$I_{2 \text{ от.уст.}} = k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{ток}} \cdot I_{2 \text{ бл.уст.}}, \quad (8)$$

где $k_{отс} = 1,7 \div 2,0$; $k_{ток} = 1$ – при установке защиты на двухконцевых ЛЭП без ответвлений.

Таким образом, использование предложенной выше методики определения тока ОП в нормальном режиме работы $I_{2н.р.}$ в условиях влияния несимметрии, обусловленной тяговой нагрузкой, позволит обеспечить более эффективное функционирование существующих устройств НВЧЗ (типа ПДЭ-2802 и пр.), для которых не имеется альтернатив применения ИО на ином принципе действия.

Повышение эффективности функционирования ИО НВЧЗ достигается путём обеспечения несрабатывания ИО в режимах без КЗ от тока небаланса с учётом актуального значения $I_{2н.р.}$, полученного по результатам телеметрии токов фаз, защищаемой ЛЭП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федосеев, А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей / А.М. Федосеев. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 520 с.

2. Электроснабжение железных дорог: учеб. для студентов университета (УрГУПС) / Э.В. Тер-Оганов, А.А. Пышкин. — Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2014. – 432 с.

3. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 09. Дифференциально-фазная высокочастотная защита линий 110-330 кВ. – М.: Энергия, 1972. – 115 с.

4. Гельфанд Я.С., Дони Н.А., Левиуш А.И. Панель высокочастотной направленной защиты ПДЭ–2802. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 122 с.

УДК 697.341

Минугалиева Д.И.

*Научный руководитель: Ахметов Т.Р., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет, г.Казань, Россия*

ПРЕДПОСЫЛКИ МЕТОДИК РАСЧЕТА РАДИУСА ЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Исследуя теплоснабжение крупных городов, можно обратить внимание на то, что в последние несколько десятков лет в больших городах, в которых осуществляется централизованное теплоснабжение,

все чаще возникают автономные котельные. Наряду с этим, наблюдается ярко выраженный процесс – переход от комбинированной выработки тепловой энергии в теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) к раздельному энергоснабжению, то есть теплоснабжение от индивидуальных котельных и электроснабжение от государственных районных электростанций (ГРЭС) или ТЭЦ, которые, в свою очередь, работают в конденсационном режиме. С точки зрения потребителя тепловой энергии, данный процесс считается наиболее эффективной тенденцией обеспечения тепловых энергий с минимальными затратами на строительство и обслуживание, но при этом с максимально возможной автоматизацией процесса производства и передачи тепловой энергии. Энергоэффективность данного процесса также подтверждает сопоставление КПД источников энергии: КПД газовой котельной примерно равно 92%, паротурбинной ТЭЦ примерно 37%.

Но указанные данные все же не являются достоверными, так как они не отражают настоящую энергоэффективность источников. Связано это с тем, что сравниваются совершенно разные источники энергии. Поэтому для получения действительных значений КПД в расчет необходимо внести поправки на ценность вырабатываемого вида энергии. Учитывая этот показатель, можно сделать вывод о том, что централизованное теплоснабжение от теплоэлектроцентрали будет максимально выгодным, даже по сравнению с теплоснабжением от автономной котельной [1]. Но, несмотря на то, что централизованное теплоснабжение является максимально выгодным, существует ряд потерь, зависящих от конфигурации всей системы. Конфигурация централизованного теплоснабжения характеризуется следующими показателями: степень разветвленности сети; плотность тепловой нагрузки потребителей; протяженность и материальная характеристика сети; фактический уровень потерь тепловой энергии.

Из этого следует, что зона эффективного теплоснабжения от теплоэлектроцентрали имеет строгие границы. При оценке эффективности теплоснабжения потребителей города решается одна из важнейших задач тепловой энергетики в целом – это определение границ централизованного теплоснабжения от ТЭЦ, в пределах которого эффективность снабжения тепловой энергией будет максимальной. Для этого используют методику определения, так называемого экономического радиуса или радиуса эффективного теплоснабжения (РЭТ).

История открытия данного понятия начинается в 1933 году, когда вышли в свет работы Л. К. Якимова на тему теплофикации и транспорта энергии в крупных городах. В его работах, методика определения

экономического радиуса заключалась в методе расчета оптимальной мощности ТЭЦ в определенном районе с известной теплофикацией и конфигурацией. Все исследования в этой области были завершены к 1961 году, когда ученые столкнулись с нуждой в эффективной вычислительной технике, которой в те годы еще не было. Вследствие этого, некоторые строящиеся системы центрального теплоснабжения оказались малоэффективными, так как никакие расчеты по энергоэффективности не велись. Но с появлением необходимой вычислительной техники в 1970 – 1980 годы исследования были возобновлены. Они показали, что оптимальный экономический функционал по большей части зависит именно от места размещения источника тепловой энергии.

К понятию радиус эффективного теплоснабжения вернулись в 2010 году во время принятия Федерального закона № 190-ФЗ «О теплоснабжении». В нем прописано требование о необходимости расчета радиуса эффективного теплоснабжения (РЭТ) при выполнении схем теплоснабжения. В законе РЭТ определяется как максимальное расстояние от теплопотребляющей установки до ближайшего источника тепловой энергии в системе централизованного теплоснабжения, при превышении которого подключение теплопотребляющей установки к данной системе нецелесообразно в виду увеличения совокупных расходов в системе централизованного теплоснабжения. После принятия данного закона, расчет радиуса эффективного теплоснабжения является одним из критериев обязательного подключения объекта капитального строительства.

Отсутствие подключений к системе централизованного теплоснабжения определяет нулевое значение радиуса эффективного теплоснабжения. Любое присоединение потребителей к сети всегда ведет за собой совокупные расходы, а также требует дополнительное финансирование, увеличивает расход топлива и многое другое. В действительности крайне важно избегать любого увеличения удельных затрат на производство, транспортировку и реализацию тепловой энергии.

Анализ состояния теплофикационной системы России в условиях современной экономики показал, что:

1. Законодательно закрепленное определение радиуса эффективного теплоснабжения необходимо корректировать;
2. Понятие РЭТ непосредственно связано с оценкой затрат на подключение новых теплопотребителей и с сопоставлением их с затратами на другие, альтернативные источники/

Для определения радиуса эффективного теплоснабжения пользуются следующими методиками:

– Расчет радиуса эффективного теплоснабжения с помощью критерия минимальных удельных расходов на производство и транспортировку тепловой энергии;

– Расчет радиуса эффективного теплоснабжения с помощью критерия минимальных совокупных расходов на транспортировку тепловой энергии;

– Расчет радиуса эффективного теплоснабжения с помощью критерия затрат конкурирующего или альтернативного источника тепловой энергии.

Методика расчета радиуса эффективного теплоснабжения с помощью критерия минимальных удельных расходов на производство и транспортировку тепловой энергии заключается в предложенных Е. Я. Соколовым полуэмпирических соотношениях [2]. Т.е. для того, чтобы определить количество и место расположения источников тепловой энергии в крупных городах необходимо учитывать так называемый оптимальный радиус действия тепловых сетей, при этом принимая удельные затраты на выработку и транспортировку энергии от одной теплоэлектроцентрали минимальными. Несмотря на свою простоту, данный метод не учитывает расстояние от источника энергии до ее потребителей, что приводит к «выпадению» ряда потребителей из зоны эффективного радиуса теплоснабжения. В связи с этим, данная методика крайне редко применяется для расчетов в больших городах, но пользуется успехом для расчетов в малых городах или деревнях с централизованным теплоснабжением.

Методика расчета эффективного теплоснабжения с помощью критерия минимальных совокупных расходов на транспортировку тепловой энергии заключается в учете расстояния от места подключения потребителя тепловой энергии до места расположения источника этой энергии и без учета этого расстояния. Исходя из разницы в потерях и затратах делается вывод об эффективности и экономичности транспортировки тепловой энергии в указанную зону с учетом расстояния. Эта методика базируется на допущении, что по системе централизованного теплоснабжения, которая состоит из источника тепловой энергии и ряда потребителей, затраты и потери на транспортировку энергии до каждого потребителя прямо пропорционально расстоянию до источника этой энергии и мощности потребления тепла. Данный метод расчета радиуса эффективного теплоснабжения широко применяется для расчетов в средних и

крупных городах, т.к. она не является сложной и в то же время является наиболее эффективной.

Методика расчета радиуса эффективного теплоснабжения с помощью критерия затрат конкурирующего или альтернативного источника тепловой энергии разработана АО «Газпром промгаз» и является официальной для расчета в данной компании. Суть методики заключается в экономической обоснованности дальности транспортировки энергии и определяется как сумма протяженностей двух теплопроводов:

– Теплопровод от источника энергии до камеры тепловой сети, в которой предусматривается подключение дополнительных потребителей. Иными словами, данный теплопровод – это путь теплоснабжения;

– Экономически обоснованный соединительный теплопровод от камеры тепловой сети до нового потребителя с максимально возможным расстоянием от камеры.

Расчет радиуса эффективного теплоснабжения по этой методике позволяет максимально точно и эффективно определить экономически обоснованную зону действия источника тепловой энергии в условиях современной экономики. Связано это с тем, что данный метод учитывает не только потери и затраты при транспортировке тепла, но и конкуренцию эффективности теплоснабжения нового абонента от источника когенерации и конкурирующей котельной.

Применение вышеперечисленных методов для оценки уже введенных в работу систем централизованного теплоснабжения недопустимо и неправомерно, т.к. ни одна из методик не является официально узаконенной и используется лишь для косвенного подтверждения расчетов.

Нормативные методические основы расчета РЭТ определяет приказ Минэнерго РФ от 05.04.2019 №212, содержащий методические указания по разработке схем теплоснабжения [3]. Определяющим фактором при этом должна быть стоимость тепловой энергии в виде горячей воды, рассчитываемая по совокупной стоимости единицы тепловой энергии (мощности) в горячей воде и удельной стоимости оказываемых услуг по передаче единицы тепловой энергии в горячей воде.

Целесообразность присоединения к централизованной системе теплоснабжения может быть оценена по методу «альтернативной котельной» на основании расчета стоимости тепловой энергии (мощности) с использованием электронного ресурса Минэнерго.

Несмотря на отсутствие единого метода оценки радиуса эффективного теплоснабжения, постоянно ведутся исследования по поиску универсальных формул для расчета РЭТ. На сегодняшний день было установлено, что целесообразней заняться разработкой стандартных и утвержденных в установленном порядке методик математического моделирования и оптимизацией развивающихся систем централизованного теплоснабжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожарин Ю. В. К вопросу определения эффективного радиуса теплоснабжения. / Кожарин Ю. В. – Москва: Наука, 2018. – 217 с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник / Е.Я. Соколов. – М.: Изд. дом МЭИ, 2006. – 472 с
3. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 05.03.2019 г. № 212 "Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения" [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2019/08/20/minenergo-prikaz-212-site-dok.html> (дата обращения 19.03.2022).

УДК 697.13

Минько И.А.

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

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РАСХОДА ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

Отопительные системы в зданиях долгое время рассматривались как неотъемлемая часть здания, которая должна дать владельцам, арендаторам или иным потребителям достаточное количество тепла и горячей воды. Когда энергия не была столь дорогой, зачастую допускалось несколько градусов избыточного тепла и открытие окон для регулирования температуры внутреннего воздуха. Достаточно просто было сконструировать систему, обеспечивающую выполнение подобных базовых критериев. В настоящее же время, когда стоимость энергии высока и продолжает расти, необходимо принимать меры по снижению потребления энергии [4].

Рассматривая отдельно взятые отопительные агрегаты, можно заметить, что потребление тепловой энергии, в первую очередь, компенсирует потери тепла зданием, чтобы поддерживать необходимую температуру, обеспечивающую комфортную деятельность человека в помещениях.

В существующих зданиях тепловые потери зависят от многих факторов.

– Материалы внешних конструкций здания и его физические размеры. Так называемые трансмиссионные потери тепла – основной компонент структуры затрат тепловой энергии здания на отопление, составляющий более 50% всех теплопотерь за отопительный период. Сюда входят потери тепла через ограждающие конструкции, крышу, окна, двери, основание здания.

– Климатические условия открытого воздуха. Глобально сюда можно месторасположение здания – северные или южные районы. В первом случае большое влияние оказывает ветровое воздействие и увеличении теплоотдачи наружных поверхностей здания, высокая скорость остывания помещений при сильном снижении или отключении подачи теплоносителя, влажностное состояние наружного и внутреннего воздуха. Во втором нужно учитывать возможные перегревы здания, избыток солнечной радиации [1].

– Прочие причины, такие как частные требования по заселенности здания, его вентиляции и отдельные условия комфортной среды.

Так как эти факторы определяются заданными конструктивными параметрами и географическими условиями, то основные мероприятия по снижению потребления тепловой энергии должны быть основаны на минимальной температуре, которая совместима с комфортными условиями [7].

Возможные энергосберегающие мероприятия можно разделить на активные и пассивные [6]. К активным мероприятиям относится установка специального автоматизированного регулирующего оборудования, потенциальные действия по уменьшению потребления сводятся к следующему:

– контроль и регулирование температуры теплоносителя по внутреннему контуру системы отопления в автоматическом режиме;

– ограничение потери тепла путем поддержания постоянной подходящей температуры внутреннего воздуха, когда в помещениях находятся люди;

– снижение температуры в ночное время или в период, когда человеческая деятельность отсутствует;

- улучшение использования энергии внутренних источников тепла;
- управление температурой горячей вода, для оптимизации комфорта;
- балансировка расхода теплоносителя для поддержания необходимой температуры и равномерного прогрета здания.

Описанные выше активные действия применяются в рамках энергосервисного договора или контракта, это основной способ реализации подобных мероприятий. Стоит сказать, что энергосервисные договоры на данный момент ограничены бюджетными учреждениями и имеют примеры, подтверждающие их эффективность.

В жилом секторе ситуация сложнее. Проблема энергосервиса остается актуальной для жителей, ресурсоснабжающих компаний, управляющих организаций, а также органов местного самоуправления. В настоящее время для заключения энергосервисных договоров в жилом секторе отсутствует четкая нормативно-правовая база. Во-первых, допускается заключение энергосервисного договора по экономии тепловой энергии только на общедомовые нужды. Остается открытым вопрос как отделить эту тепловую энергию от общей, ведь нужно учитывать и нежилые помещения, сданные в аренду. Не решен также вопрос размер льгот при снижении потребления тепла. Все эти вопросы требуют доработки, как на федеральном уровне, так и в каждом регионе [2, 3].

К пассивным мероприятиям по сбережению тепловой энергии можно отнести различную тепловую изоляцию [5]. Она обеспечивается устройством специальных ограждений, выполняемых из теплоизоляционных материалов (в виде оболочек, покрытий и т. п.) затрудняющих теплопередачу. При преимущественном конвективном теплообмене для теплоизоляции используют ограждения, содержащие слои материала, непроницаемого для воздуха; при лучистом теплообмене - конструкции из материалов, отражающих тепловое излучение (например, из фольги, металлизированной лавсановой плёнки); при теплопроводности - материалы с развитой пористой структурой.

От способа утепления сооружения часто зависит выбор ряда строительных материалов, комплектующих, элементов внутренней отделки, что в конечном итоге отражается на сроке службы и техническом состоянии здания.

Среди способов утепления построек выделяют три основных: внутреннее, наружное и внутрискатное утепление. Чаще других

встречается второй вид в виду дополнительной защиты стеновых поверхностей от внешних воздействий: осадков, биологических образований, низких температур (что, в свою очередь, защищает внутренние поверхности от образования конденсата). В дополнение, наружное утепление выполняет функцию дополнительной звукоизоляции и продлевает срок эксплуатации сооружения.

Для перечисленных выше мероприятий чаще всего используют минераловатные, полистерольные и стекловатные плиты и изделия, пример которых представлен на (рисунке 1).



Рис. 1 Теплоизоляционные изделия

К остальным способам утеплить здания можно отнести замену окон на современные стеклопакеты, установку низкоэмиссионных стекол и теплоотражающих пленок на окна для снижения потерь лучистой энергии, заделку межпанельных швов, а также различные манипуляции на внутренней системе отопления как замена радиаторов и промывка трубопроводов и стояков.

Теплоизоляция зданий и сопутствующие мероприятия можно назвать лишь косвенными способами снижения расхода тепловой энергии. Уменьшая потери тепла – уменьшаем затраты на их компенсацию, сохраняя постоянство требуемой температуры.

Совокупность представленных энергосберегающих мероприятий открывает возможность существенно сократить эксплуатационные расходы тепловой энергии при комплексном и системном подходе. Широкий выбор мероприятий осуществляется для каждого уникального случая отдельно. А для новых зданий технологии энергосбережения должны быть учтены еще на этапе проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанов А.В., Игнатъев В.С. Жесткость климата и надежность систем теплоснабжения // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. № 4-5. С. 1300-1302.
2. Богатенков А.А. Энергосервисные контракты в МКД по теплу – нужно дополнительное регулирование [Сайт]: Energiavita [2020]. URL: <https://energiavita.ru/2020/10/14/ehnergoservisnye-kontrakty-v-mkd-po-teplu-nuzhno-dopolnitelnoe-regulirovanie> (дата обращения 10.01.2022).
3. Богатенков А.А. Потребление тепловой энергии в МКД – как заключить энергосервисный договор? [Сайт]: Energiavita [2020]. URL: <https://energiavita.ru/2020/03/20/andrej-bogatenkov-potreblenie-teplovoj-ehnergii-v-mkd-kak-zaklyuchit-ehnergoservisnyj-dogovor/> (дата обращения 10.01.2022).
4. Тарасенко В.Н., Денисова Ю.В. Проблема энергосбережения в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 63-68.
5. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.
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.
7. Гашо Е.Г., Булгаков Н.С., Шкуро Ю.Д. Оценка энергетических эффектов модернизации зданий и микрорайонов в процессе реновации // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 196-199.

УДК 621.311.25

Минько И.А.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В настоящее время люди для получения электроэнергии используют традиционные природные ресурсы, которые рано или

поздно закончатся. Ежегодно все громче звучит вопрос о рационализации использования таких ресурсов как нефть, газ, природный уголь и призывы к более активному переходу на альтернативные источники энергии [1]. К объектам альтернативной энергетики относятся, в том числе и приливные электростанции. Строго говоря, гидроэнергия тоже является возобновляющимся источником, но ее наряду с тепловой и атомной её обычно относят к традиционной энергетике [2]. Волны несут в себе огромный энергетический потенциал, и, проходя большие расстояния, переносят его за собой. Их мощь порой становится колоссальной разрушительной стихией. Однако приливы и отливы - явления вполне мирные и безопасные для того, чтобы использовать их в получении электрической энергии.

Механика процесса образования приливов такова, что решающую роль играет всё же положение Земли относительно Луны и Солнца. Попадая в такое положение, при котором они находятся на одной линии, прилив будет максимален, при условии, что эта линия вертикальна. Получается, Солнце и Луна усиливают друг друга и «вытягивают» волны. Это значит, что в новолуние приливы будут особенно сильны. Прилив такого рода называется сигизийным. И наоборот, прилив будет минимален, или квадратурный, если оба небесных тела будут образовывать относительно Земли прямой угол. Конечно, Солнце, Земля и Луна не находятся в одной плоскости и такое представление весьма простое как для пояснения механики столь сложного процесса, как образование приливных и отливных волн, но даёт примерное понимание того, как происходит такой процесс.

Немаловажным фактором, влияющим на механизм этого природного явления, оказывается рельеф берега. Амплитуда будет усиливаться там, где берег образывает собой воронку по направлению к морю. К берегу такая воронка для получения максимального эффекта должна сужаться, а вход должен быть широким. Тогда приливным волнам ничто не мешает формироваться в большие и мощные массивы с огромной высотой, превышающие иногда 30 метров. Если за подобной воронкой находится устье реки, то приливная волна способна преодолеть благодаря образуемой в этом процессе энергии несколько сот километров, преодолевая течение реки.

Максимальную высоту волны за одни сутки можно получить дважды. Суточный цикл для этого составляет 24 часа 50 минут (лунные сутки).

Величина полученной энергии приливов напрямую зависит от их высоты. Районирование Мирового океана представлено на (рисунке 1).

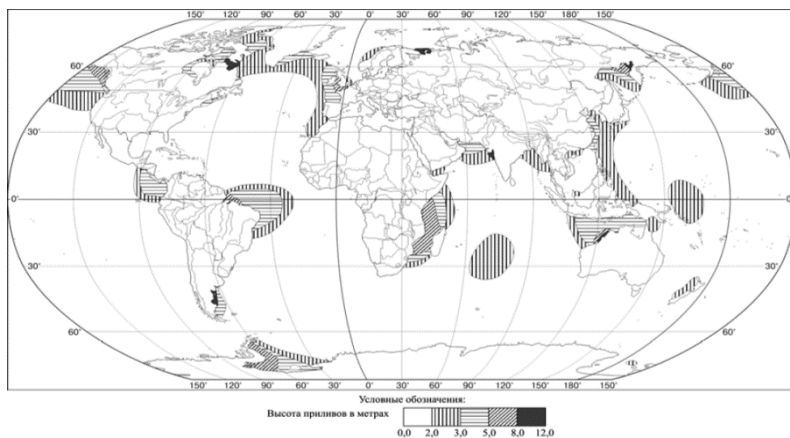


Рис. 1 Высота приливов в Мировом океане

Запасы этой энергии в мире значительны: их теоретический потенциал оценивается примерно в 4 млн. МВт. Но освоение этих запасов происходит крайне медленно. В начале XXI века действовало всего 10 приливных электростанций (ПЭС) общей мощностью около 270 МВт. Из них 240 МВт установлено на ПЭС «Ля Ранс!» во Франции и 20 МВт – на ПЭС Аннаполис в Канаде. Электроэнергия, вырабатываемая на ПЭС, отменилась крайне низкой себестоимостью, по сравнению с другими типами электростанций [3].

В России освоение данной области началось с постройки в 1968 году Кислогубской ПЭС мощностью 0,4 МВт. Данная электростанция расположена вблизи Мурманска и строилась наплавным способом, то есть здание ПЭС сооружалось в специальном доке и транспортировалось по морю на место установки. После запуска в 1968 году Кислогубская ПЭС проработала вплоть до 1992 года, а после была законсервирована. Её мощность не превышала 0,5 МВт. В период с 2004 по 2007 год велись работы по восстановлению и ремонту, после которых станция была вновь запущена и действует до сих пор. Мощность после восстановления составляет 1,7 МВт.

В настоящее время существует проект Пенжинской ПЭС, которая ориентировочно должна расположиться, на побережье Охотского моря и будет состоять из двух частей – «Северный створ» и «Южный створ», характеристики которых приведены в (таблице 1).

Таблица 1 – Основные характеристики створов Пенжинской ПЭС

Наименование	«Северный створ»	«Южный створ»
Расположение	Между мысами Средний и Водопадный.	Между мысами Поворотный и Дальний
Мощность, ГВт	21,4	87,4
Годовая отдача ТВт*ч	71,4	191,2
Длина, км.	32,2	72

Сложность проекта заключается в суровой ледовой обстановке, проявляющейся в виде дрейфующего льда и логистических трудностях, связанных с отсутствием крупных населенных пунктов.

Один из вариантов решения вопроса дрейфующего льда – проектирование наплавного блока станции с криволинейной формой верхней его части, представленного на (рисунке 2). Этот блок подразумевает переброску льда через верх плотины. [3].

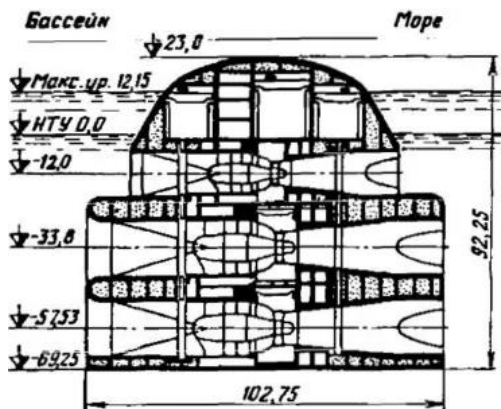


Рис. 2 Многоярусная наплавная конструкция Пенжинской ПЭС

В регионе на данное время нет потребителя такого количества энергии, как и в других изолированных энергосистемах [4], однако реализация проекта позволит проложить дорогу по следующим направлениям:

- использование электроэнергии ПЭС для преобразования угля в горючие углеводороды: синтетическую нефть или метанол.
- строительство линий электропередач в Хабаровский и Приморский края;

– экспорт электроэнергии в Китай, США, Японию и другие страны;

– производство водорода на Камчатке, что является наиболее перспективным из перечисленных направлений [5].

Экологический аспект ПЭС был исследован как за рубежом, так и в России [6]. Несмотря на некоторое изменение амплитуды колебания уровня воды и перераспределение отложений дна, приливные станции обладают рядом преимуществ перед традиционной энергетикой:

– отсутствие выбросов вредных газов и золы;
– радиационных и тепловых отходов, предотвращение сжигание кислорода воздуха;

– практически беспрепятственный пропуск рыбы через станцию;
– исключена угроза прорыва волны и затопления прилегающих территорий;

– размыв дна при движении насосов полностью стабилизируется в течение двух лет эксплуатации;

– гибель кормового рыбного планктона составляет всего 5–10% против 83-99% на ГЭС соответствующе мощности. [7].

Суммируя известные данные, можно сказать, что приливные электростанции, являются перспективной ветвью развития альтернативной энергетики. Возобновляемые бестопливные источники электроэнергии, могут внести огромный вклад в сокращение вредных выбросов в атмосферу. Учет таких факторов может существенно изменить представления об эффективности объектов приливной энергетики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

2. Гоголев Г.А. Оценка потенциала территории Российской Федерации для использования возобновляемых источников энергии // Известия РАН. Серия географическая. 2009. № 1. С. 83-93.

3. Приливные электростанции / Л.Б. Бернштейн, Л.Б. Силаков, С.Л. Гельфер и др. М.: Энергоатомиздат, 1987. 296 с.

4. 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.

5. Наганов В. О самой мощной электростанции в мире [Электронный ресурс]. URL: <http://nextrus.ru/election-news/711-o-samoymoshchnoy-elektrostantsii-v-mire.html>.

6. Марфенин Н.Н., Малютин О.И., Пантюлин А.Н., Перцова Н.М., Усачев И.Н. Влияние приливных электростанций на окружающую среду. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1995. 125 с.

7. 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.

УДК 620.92

Минько И.А.

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

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

В современное число ключевых проблем в сфере энергетики является аккумуляция энергии. Активнее всегда в человеческой деятельности участвуют электрическая и тепловая энергии. Накопители энергии – своеобразный буфер, согласующий в энергетических установках графики генерации тепла или электроэнергии и их потребления, которые обычно существенно различаются. Отличительное преимущество электрической энергии – возможность создания большого потенциала [1]. Вследствие этого, ее можно эффективнее накапливать и транспортировать по сравнению с тепловой. Эффективная передача тепловой энергии может осуществляться только на расстояния не более 15 километров, поскольку теплотери на пути к потребителю очень высоки [2, 3].

Под термином аккумуляция (или накопление) энергии подразумевается ввод определенного вида энергии в какое-либо устройство или установку, называемую аккумулятором энергии. Позже эта энергия используется в удобное для потребления время. Тип энергии может быть, как сохранен, так и преобразован в другой. В процессе зарядки также используется дополнительная энергия с целью компенсировать образующиеся потери.

За последние десятилетия наибольшего роста достигли электрические системы накопления энергии, такие как аккумуляторные батареи и конденсаторы. Литий-ионные аккумуляторы в настоящее время обычно используются как в быту, так и в крупных современных аккумулирующих системах. В том числе это объясняется тем фактом, что они являются основным компонентом в ежегодно растущей индустрии электромобилей [4].

Конструкция подобного аккумулятора довольно сложна, состоит из нескольких элементов:

- а. Плата, содержащая преобразователь напряжения и регулятор цепи, микросхему регулируемую скорость и уровень заряда ячеек.
- б. Температурные датчики и датчики вольтажа ячеек.
- с. Литий-ионные ячейки.

Принципиальное строение такой ячейки представлено на (рисунке 1).

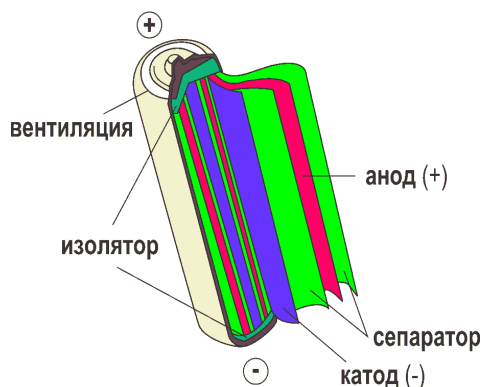


Рис. 1 Цилиндрическая литий-ионная ячейка

Ячейка имеет сходство с обычной АА батареей, но не считается самостоятельным источником питания, а лишь составным элементом аккумулятора. Её корпус производят из нержавеющей стали или алюминия. «Отрицательная» сторона корпуса глухая, а «положительная» оборудована отверстиями для вентиляции.

Подобный тип конструкции обеспечивает безопасность при перегреве. А для исключения риска возгорания и возможного взрыва в аккумуляторах ячеистой основы устанавливают датчик температуры ячеек. [5]

Основные диапазоны рабочих параметров:

- номинальное напряжение: 3,7 В, макс.: 4,2-4,35 В, мин.: 2,5-3 В;

- энергоемкость – 110-243 Втч/кг;
- сопротивление – 5-15 Ом/Ач;
- время быстрого заряда – 15-60 минут;
- рабочие температуры — -20-60 градусов.

К ключевым преимуществам данных АКБ относят следующие параметры:

- высокие ток при работе и энергетическая плотность (соотношения количества мА·ч и объема);
- нет необходимости в обслуживании;
- низкий показатель саморазряда;
- готовность к эксплуатации в любой момент;
- нет эффекта памяти;
- возможность создания аккумуляторов любых размеров и форм;
- достаточно широкий диапазон рабочих температур.

Основные же недостатки включают в себя строгое соблюдение правил по зарядке и эксплуатации и риск возгорания.

Каждое из преимуществ обуславливает применение литий-ионных аккумуляторов в той или иной сфере. Например, высокая энергоплотность делает их фактически безальтернативным источником энергии для компактных устройств [6].

Переходя к накоплению тепловой энергии, отметим, что первоочередный ориентир этого направления – коммунальная сфера, отопление и горячее водоснабжение. Использование тепловых аккумуляторов в системах теплоснабжения, отопления, вентиляции, а также кондиционирования воздуха зданий обусловлено несовпадением периодов поступления от источников бросовой теплоты или теплоты возобновляемых источников и ее потреблением. Кроме того, аккумулярование позволяет эффективно использовать теплоту, которая может быть потеряна или использована частично [7].

Классификация тепловых аккумуляторов происходит по главным признакам:

по природе аккумулярования:

- теплоёмкостные (ТЕА) – наименее эффективные, в виду низкой теплоемкости некоторых аккумулярующих материалов и нестабильной температуры разряда;
- аккумуляторы с фазовым переходом (АФТ) – имеют плотность выше плотность теплопотока и стабильную температуру разряда, чем у типа ТЕА, однако дороже, так как требуют развитую поверхность теплопередачи;
- термохимические аккумуляторы (ТХА) – использующие реверсивные реакции разложения и синтеза, сопровождающиеся

поглощением и выделением теплоты, они имеют более высокую плотность энергии, но их создание затрудняется в виду малого количества дешевых химических соединений;

по рабочим температурным уровням:

- высокотемпературные (превышает 400 °С);
- среднетемпературные (от 100 до 400 °С),
- низкотемпературные (до 100 °С),

по продолжительности периода заряд—разряд:

- краткосрочные (до 3-х суток),
- среднесрочные (до 1 месяца),
- межсезонные (до полугода)

На практике широкое распространение получили накопители теплоты типов ТЕА и АФТ. Они эксплуатируются и в промышленности значительных объемов и в индивидуальных хозяйствах и технологических процессах [8]. Накопители типа ТХА рекомендуют лишь в определенных случаях с использованием безопасных технологий.

Системы теплового аккумулирования энергии нашли широкое применение в энергетических установках, промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и транспортных средствах.

Технологии накопления энергии продолжают расширять свою роль в развитии современных систем энергоснабжения, не так давно ежегодное увеличение объединенных хранилищ энергии подобралось к 50%. Данная отрасль продолжает развиваться, внедряет новые технологии и успешно приспосабливается к изменениям условий энергетической картины мира. Так как вопросы энергоэффективности и энергосбережения продолжают наращивать актуальность, технологии хранения энергии легко найдут свое применение и в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соснина Е.Н., Чивенков А.И. Вопросы сопряжения параметров источников малой распределенной энергетики // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 158-164.

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

3. Буланин В.А. Метод анализа энергетического потенциала источника тепловой энергии для теплоснабжения // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 74-83.

4. Современные системы накопления энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://controleng.ru/apparatnye-sredstva/sistemy-nakopleniya-energii/>

5. Литий-ионный аккумулятор [Электронный ресурс]. URL: <https://egovreader.kz/litij-ionnyj-akkumulyator/>

6. Все о литий-ионных аккумуляторах [Электронный ресурс]. URL: <https://tze1.ru/articles/detail/vse-o-litij-ionnykh-akkumulyatorakh/>

7. Куцев Л.А. Энергосбережение в системах теплогоснабжения: учебное пособие. Белгород: изд-во БГТУ, 2017. С. 177.

8. Гашо Е.Г., Киселева А.И., Темеров А.В. Практика внедрения гибридных систем теплоэнергоснабжения в России // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 13-18.

УДК 621.039

Митина Д.А., Истратий И.И.

Научный руководитель: Сегедина О.А., ст. преп.

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

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ УСТАНОВОК, ОСНОВАННЫХ НА ТЕРМОЯДЕРНОМ СИНТЕЗЕ

В современном мире главным источником энергии является сжигание угля, нефти, газа. Однако запасы этих веществ ограничены, к тому же продукты сгорания загрязняют природу. В частности, электростанция, работающая на угле, производит больше радиоактивных выбросов, чем атомная электростанция той же самой мощности. Поэтому возникает вопрос: почему же мы полностью до сих пор не перешли на ядерные источники энергии? Объясняется это рядом причин, одной из которых является радиационная фобия. Тем не менее угольные электростанции в обычных условиях работы наносят гораздо больший вред организму людей, чем аварийные выбросы на атомных электростанциях. Существуют также изъяны и ядерных реакторов. К примеру, основную проблему из себя представляют радиоактивные отходы, потому что технологии работы с ними остаются все еще высокими в цене, и еще далеко до того момента, когда отходы будут полностью перерабатываться, а в дальнейшем и использоваться.

Переход от ядерных реакторов к термоядерным установкам потенциально может разрешить эти сложности. В свою очередь обычный реактор деления имеет в составе десятки тонн радиоактивного топлива, которое превращается в десятки тонн радиоактивных отходов, содержащих широкий спектр радиоактивных изотопов, термоядерный реактор задействует всего несколько сотен граммов или, самое большее, несколько килограммов изотопа водорода - трития. Помимо этого, для минимизации возможных опасностей, связанных с транспортировкой этого изотопа необходимого в малых количествах, планируется производить напрямую на электростанции. Разумеется, что радиационная безопасность и загрязнение окружающей среды в значительной степени зависит от конкретного инженерного решения и используемых строительных материалов [1...2].

К сожалению, нюансы, которые необходимо решать, в строительстве, а также в проектировании термоядерных реакторов еще есть. Многие страны развиваются в данном направлении, а также строят свои реакторы.

Большой вклад в формирование установок термоядерного синтеза внесли китайские ученые, создав экспериментальный реактор токамак HL-2M, способный генерировать температуру плазмы свыше 150 000 000 °C в течение 10 секунд при токе плазмы до 2,5 триллионов ампер. Планируется, что это значительно повысит эффективность исследований и разработок основных технологий физики плазмы в Китае в скором времени.

Южнокорейский термоядерный реактор K-STAR способен поддерживать плазму при температуре 100 000 000 °C в течение 20 секунд. Важной чертой K-STAR является полностью сверхпроводящая система магнитных катушек, что дает ему возможность поддерживать стабильную плазму при весьма больших температурах в течение продолжительного времени. У корейского токамака крупный тороидальный радиус (1,8 метра) и малый тороидальный радиус (0,5 метра), максимальная индукция магнитного поля 3,5 Тесла в центре плазменного шнура и максимальный ток плазмы два мегаАмпер. Благодаря полностью сверхпроводящей магнитной системе размеры конструкции возросли до 8,6 метра в высоту и 8,8 метра в диаметре. Чтобы происходила полноценная работа токамака, нужно удерживать высокую температуру плазмы в течение нескольких минут, возможно, что даже больше. Человечеству необходимо решить эту проблему, чтобы начать пользоваться энергией, выработанной на установке термоядерного синтеза.

Высокий технологический уровень показали российские ученые, создав тороидальную установку для магнитного удержания плазмы Т-15МД, усовершенствовав предыдущий реактор Т-15. Центральная ферма установки Т-15, монтажная подставка, подставки ОТП являются опорными конструкциями электромагнитной системы, которая собирается на монтажной подставке. Подставка состоит из электрически изолированных друг от друга 8 секций, в них имеются отверстия и люки для кабелей питания установки, подачи охлажденной воды для коллектора. В Токамаке Т-15МД нет центрального железного сердечника, а также внешнего магнитопровода (рис.1) [3].

Главные свойства нового токамака — это большой радиус ($R=1,5\text{ м}$) и малый радиус ($a=0,5\text{ м}$), достижимая плотность 1020 частиц на кубометр, максимальный ток плазмы в 2 МА и достижимые температуры электронов и ионов 5–9 кэВ. Вдобавок у Т-15МД магнитное поле мощнее на 39%, чем у китайского токамака HL-2М. Т-15МД не относится к сверхпроводящим - его магнитная система изготовлена из охлаждаемого водой медного проводника, содержащего серебро. Тороидальное магнитное поле на оси плазменного шнура составит 2 Тл. За дополнительный нагрев плазмы несут ответственность инжекторы быстрых атомов, гиротроны, системы нижнегибридного и ионно-циклотронного нагрева, суммарной мощностью примерно двадцать мегаватт. Вакуумная камера установки сделана из стали, которая не ржавеет, внутренние стенки и дивертор облицованы графитом.

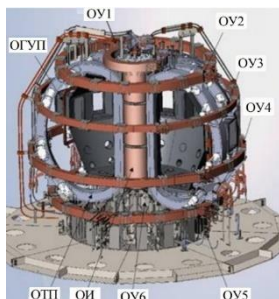


Рис. 1 Электромагнитная система токамака Т-15МД. ОУ1-ОУ6 – обмотки управления; ОТП – обмотка тороидального поля; ОГУП – обмотка горизонтального управляющего поля, состоящая из четырёх катушек; опорные конструкции.

После модернизирования установка стала гибридной. За первичной стенкой, которая приходит в негодность от нейтронного

изучения, имеется бланкет, в котором ядерное топливо (Th-232) реактора должно препятствовать потоку нейтронов высокой энергии, исходящего от шнура. При этом Th-232 превращается в U-233 , который в последствии можно применять в качестве топлива для АЭС. Другими словами, износ стенки порождает полезную работу, которая включает в себя внеочередной выход энергии или производство топлива для многих атомных электростанций, где также будут вырабатывать тепловую и электрическую мощность. Тогда экономическая и энергетическая аргументация термоядерной энергии будет положительной, даже в случае износа стенок через пять лет. Более того, можно сделать реактор, который займет мало места, при этом будет мощным и коммерчески жизнеспособным.

Главную роль в формировании будущего термоядерного синтеза играет ITER (ITER — в переводе Международный термоядерный экспериментальный реактор), единственный в своем роде проект, в котором принимают участие многие страны. ITER — это очень большое сооружение, в основе которого лежит разработанная советскими учеными система токамак, представляет собой круглую башню высотой и диаметром около 40 метров. Внутри находится тороидальная плазменная камера с D-образным сечением, окруженная сверхпроводящими катушками с тороидальным магнитным полем. Катушки охлаждаются жидким гелием. Вся эта система погружена в криостат, высотой 30 метров, имеющего такой же диаметр и объем 16 тыс. кубометров, охлаждаемый азотом, и окружена биологической защитой от нейтронного и гамма-излучений (рисунком 2).

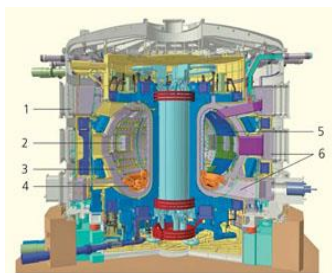


Рис. 2 Общий вид реактора ITER: 1 — криостат; 2 — плазменная камера; 3 — сверхпроводящие катушки магнитного поля; 4 — дивертор; 5 — бланкет для поглощения нейтронов и воспроизводства трития; 6 — «порты» для доступа в плазму диагностических систем и систем нагрева.

Бланкеты – это специальные модули, которые находятся на внутренних стенках камеры. Вырывающиеся из плазмы свободные

нейтроны попадают в эти blankets и задерживаются водой, которая совершает циркуляцию внутри них. Это приводит к нагреву. Сами blankets защищают всю остальную часть конструкции от теплового, рентгеновского, а также нейтронного излучения плазмы. Эта система позволяет продлить срок службы установки. Каждый blanket весит примерно 4,5 тонны.

ITER предназначен для производства 500 мегаватт электроэнергии при затратах всего в 50 мегаватт, что в итоге приведет к увеличению энергии. Но эта энергия не будет применяться в качестве электричества. Возможно, ITER послужит испытательным стендом для технологий, которые, как ожидается, будут лежать в основе первых в истории термоядерных электростанций с практическим применением [4...5].

Вышеприведенный обзор возможностей термоядерных исследований показывает устойчивый и уверенный прогресс практически во всех областях. Надо признаться, независимо от используемого метода, современные термоядерные реакторы нуждаются в большем количестве энергии, чем они могут произвести. Несмотря на то, что решение инженерных и физических вопросов для получения чистого прироста энергии является достаточно сложным и трудоёмким процессом, это станет одним из величайших достижений человечества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егоров И. Будущее термоядерной энергетики: ждет ли нас эра мирного атома? // ПопМех. 2022.
2. Велихов Е.П., Путвинский С.В. Термоядерная энергетика. Статус и роль в долгосрочной перспективе // в рамках Energy Center of the World Federation of Scientists. 1999.
3. Хвостенко П.П., Анашкин И.О., Бондарчук Э.Н., Инютин Н.В., Крылов В.А. Левин И.В., Минеев А.Б., Соколов М.М. Экспериментальная термоядерная установка токамак Т-15МД // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез. 2019. т. 42, вып. 1.
4. Макаров В. Энергия будущего: на что способны реакторы термоядерного синтеза и ждет ли нас эра чистой энергии // ПопМех. 2021.
5. Петров М.П., Афанасьев В.И., Мухин Е.Е., Шевелёв А.Е. Физтех — Международному термоядерному реактору // Природа. 2018. №9. С. 12-22.

Молчанова Е.С.

Научный руководитель: Губарева В.В., доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время энергосбережение — одна из приоритетных задач. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами.

Экономия энергии — это эффективное использование энергоресурсов за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, приемлемы с экологической и социальной точек зрения, не изменяют привычного образа жизни. Это определение было сформулировано на Международной энергетической конференции (МИРЭК) ООН.

От отопления и охлаждения до электроники и бытовой техники для обеспечения нашей повседневной жизни требуется много энергии. Сегодня наши дома потребляют на 37% больше энергии, чем в 1980 году. Но без энергоэффективных технологий это число было бы намного выше. Несмотря на то, что общее потребление энергии выросло, его расход на домохозяйства снизился примерно на 10%, это при том, что размер домов увеличился, и они стали содержать больше энергоустройств [1].

Благодаря достижениям промышленности оборудование, которое мы используем в наших домах, стало более энергоэффективным, чем когда-либо прежде, экономя деньги потребителей и сокращая выбросы углекислого газа. На данный момент уже существует несколько технологий, которые делают жилые дома еще более экологичными.

Новые изобретения в области энергосбережения появляются на рынке все чаще и чаще, в основном для удовлетворения потребностей людей, которые все больше осознают важность повышения энергоэффективности бытовых приборов.

За последние 15 лет количество интернет-пользователей в мире выросло более чем в 5 раз. Этот фактор стал одним из ключевых в подключении к Интернету различных устройств дома. Новые электронные устройства и бытовые приборы теперь могут быть подключены к Интернету для предоставления данных в режиме реального времени, что облегчает понимание и снижает потребление

энергии. Сначала эта идея была выдвинута лишь для удобства, но потом оказалось, что, например, подключение и автоматизация кухонной техники может сэкономить время, деньги и энергию. Современные умные кухонные гаджеты подключаются к вашей системе домашней автоматизации для удобства и экономии. Можно дать команду кофеварке приготовить горячий напиток, когда проснетесь, по дороге домой с работы разогреть духовку, чтобы приготовить ужин. Это позволит оптимизировать температуру в холодильнике и морозильной камере, чтобы свести к минимуму потребление электроэнергии [2].

Новые беспроводные датчики повысят энергоэффективность дома за счет автоматизированных систем управления для нагревательных и охлаждающих устройств, освещения и других систем, которые получают доступ к таким данным, как температура наружного воздуха и помещения, влажность, уровень освещенности.

Вскоре энергосберегающие технологии станут более рентабельными и умными благодаря проекту, поддерживаемому Управлением строительных технологий Министерства энергетики.

При составлении списка энергосберегающих устройств отдельное внимание стоит уделить низкотехнологичным элементам, таким как умные вилки и удлинители. Эти устройства делают любое подключенное к ним устройство «умным». Это означает, что любой лампой, стереосистемой или бытовым прибором можно управлять дистанционно, активировать голосом и программировать. Также можно использовать умные розетки для отключения устройств от питания, чтобы положить конец трате энергии, когда устройства не используются.

Также не стоит на месте и прогресс в сфере освещения. Светодиоды прошли долгий путь развития, сегодня самые высокопроизводительные лампы потребляют на 85% меньше энергии, чем лампы накаливания. Программа твердотельного освещения офисных строительных технологий поддерживает исследования и разработки, направленные на снижение стоимости светодиодов, делая их еще более эффективными и долговечными. Фактически, ожидается, что эффективность светодиодов удвоится с нынешних 125...135 лм/Вт до 230 лм/Вт в ближайшие несколько лет в результате продолжающихся исследований и разработок [5].

В последнее время немало внимания уделяется энергоэффективной альтернативе для отопления и охлаждения зданий и жилых домов. Ученые разработали высокоэффективные тепловые насосы, которые преобразуют низкопотенциальную тепловую энергию источника (земли, воды, воздуха) в высокотемпературное тепло.

Тепловые насосы, преобразующие энергию земли, являются наиболее распространенными. Принцип действия тепловых насосов схож с работой холодильных машин, где производится получение холода путем отбора теплоты из какого-либо объема испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду. В тепловом насосе те же процессы происходят в обратном порядке – в этом и заключается основное различие. В зимние месяцы они передают тепло в дом, а летом они отводят тепло фасада. Для передачи тепла требуется гораздо меньше энергии, чем для его производства или использования компрессора для охлаждения воздуха. Новые тепловые насосы имеют более эффективные вентиляторы и используют различные источники энергии, в том числе геотермальные. Поскольку они более эффективны, их использование снижает расходы на электроэнергию [6].

Та же концепция, что и в технологии тепловых насосов, которые обеспечивают комфорт в доме, использована и для другого важного применения – сушки одежды. Национальная лаборатория Oak Ridge и General Electric разрабатывает новый тип сушилки для белья, в которой используется цикл теплового насоса для выработки горячего воздуха, необходимого для сушки. Результат – более эффективная сушилка, которая может снизить потребление энергии на 60% по сравнению с обычными сушилками, представленными сегодня на рынке.

Еще одна область инноваций в энергосберегающих технологиях связана с изоляцией. Некоторые новые варианты включают продукты, изготовленные из переработанных материалов, таких как джинсовая ткань и автомобильное стекло. Другие – сосредоточены на возобновляемых источниках, таких как бамбук и овечья шерсть. Также промышленная научно-техническая сеть разрабатывает новую изоляцию из пенопласта, изготовленную из экологически чистых и передовых композитных материалов, которые гарантируют, что тепло не уходит с чердака, стен и других помещений дома в холодные зимние месяцы. Ценность изоляции заключается как в ее стоимости, так и в ее способности поддерживать в вашем доме оптимальную температуру. Энергосберегающие изобретения в области изоляции неуклонно повышают эффективность обогрева и охлаждения [3].

Для экономии энергии не менее важны умные вентиляционные системы, которые дают возможность контролировать климат в доме. Умный термостат регулирует систему отопления и кондиционирования воздуха. Можно регулировать температуру в любой комнате в соответствии с потребностями. Точная настройка микроклимата

комнаты за комнатой создает большой комфорт при сокращении счета за электроэнергию [4].

Внедрение интеллектуальных технологий – хороший способ сэкономить энергию в доме. По мере того, как все больше людей начинают брать на себя ответственность за охрану окружающей среды и активно работать над контролем своего энергопотребления, компании будут продолжать создавать новые энергосберегающие технологии. Новая технология снижения энергопотребления обеспечивает экономию, которая быстро окупает первоначальные затраты. Быть на шаг впереди, когда речь идет о внедрении инноваций в области энергосбережения – это разумный шаг для экономики всей планеты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Природа Человек-Техника. /под ред. Кузьмин А.П.-М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2001. 455 с.
2. Кравчяня Э.М. Охрана труда и энергосбережения. / Э.М. Кравчяня, Р.Н. Козел, И.П.Свирид М. – ТетраСистемс. 2008. 245 с.
3. Свицерская О.В. Основы энергосбережения. Ответы на экзаменационные вопросы. / О.В Свицерская. – М.: ТетраСистемс, 2008. 341 с.
4. Федоров С.Н. Приоритетные направления для повышения энергоэффективности зданий // Энергосбережение. 2008. №5. С. 23-25.
5. Тищенко И.В. Энергосберегающие лампы. Диагностика, ремонт, модернизация. Экономика и Вижижн. 2012. 97 с.
6. Трубаев П.А. Тепловые насосы. / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко – Белгород: Изд-во БГТУ. 2010. 142 с.

УДК 620.97

Молчанова Е.С.

Научный руководитель: Губарева В.В., доц.

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

РЕКУПЕРАЦИЯ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ

В прошлом десятилетии из-за увеличения цен на энергоносители и растущим беспокойством по этому поводу перед инженерами встала задача сократить выбросы отходящих газов и повысить эффективность их использования. Пытаясь решить эту проблему, ученые поняли, что

было бы выгодно отводить тепло отходящих газов в промышленных установках. Одним из ключевых направлений исследования по снижению энергопотребления была работа по утилизации опасных и ядовитых газов, т.е. снижение вредных выбросов в атмосферу и улучшение эффективности производства.

Отходящие промышленные газы являются дополнительным источником тепла, но это отработанное тепло представляет собой побочный продукт промышленных процессов. Главным источником отработанного тепла являются высокотемпературные топочные газы, выбрасываемые в окружающую среду, нагретые продукты промышленных процессов, а также теплопередача от горячих поверхностей оборудования [1]. Обычно это тепло теряется и попадает в окружающую среду.

Одним из лучших методов решения этой проблемы является утилизация отработанного тепла в специальных устройствах, где высокотемпературные газы вместо сброса в атмосферу проходят через теплоутилизаторы. Это помогает уменьшить вредное воздействие на окружающую среду за счет уменьшения выбросов, что может помочь контролировать глобальное потепление.

Рекуперация тепла — энергосберегающая технология, основанная на возврате (полностью или частично) теплового потенциала, используемого в том или ином технологическом цикле, для вторичного применения.

В настоящее время для утилизации тепла, выбрасываемого в атмосферу, делаются огромные инвестиции. Именно метод рекуперации отходящего тепла позволяет снизить эти затраты и сократить экологическое влияние наряду с рядом других преимуществ [2]. В настоящий момент, от 20 до 50 % потребляемой промышленностью энергии теряется в виде высокотемпературных отходов.

Количество энергии, доступное для использования, определяется его эксергией. Этот энергетический фактор означает эксергию, которая может использоваться для выполнения работы внутри системы. Кроме того, большая часть «отходящей» энергии, доступной в системе, находится в ней и имеет характер тепла. Например, в Великобритании в 2016 г. потребление энергии в обрабатывающей промышленности составило 70 %, из которых 15,9 % приходится на высокотемпературные процессы, 31,2 % на низкотемпературное технологическое тепло, а остальные на сепарацию и обогрев помещений. Доказано, что при использовании потенциала промышленных отходов можно сэкономить огромное количество тепла.

Методы использования отходящего тепла промышленности классифицируют на пассивную и активную технологию. Это зависит от того, используется ли тепло непосредственно для достижения высоких температур или преобразуется в другую форму энергии. Активное использование выбросов тепла техникой подразделяется на три типа в зависимости от его дальнейшего использования, т.е. отвод тепла для получения тепла (С), преобразования его в холод (WHTC) или в электроэнергию (WHP) [3].

В системах отопления, вентиляции и кондиционирования рекуператор – это устройство, которое предназначено для передачи тепловой энергии от вытяжного выбрасываемого воздуха к приточному воздуху, подаваемому в помещение. В данном случае под тепловой энергией понимается как тепловая, так и холодильная, то есть вытяжной воздух может отдавать приточному как своё тепло, так и свой холод, соответственно, нагревая или охлаждая его. Результат его рекуперативной зимней «деятельности» – снижение затрат на электроэнергию, тратящуюся на отопление помещений.

Пластинчатый рекуператор – это устройство, в котором осуществляется передача теплоты от горячего теплоносителя к холодной (нагреваемой) среде через металлические пластины. Преимущества пластинчатого теплообменника: отличная адаптивность, компактная структура, малый размер, низкие расходные материалы, простота в использовании. У него есть главные плюсы – высокий коэффициент теплопередачи и малая металлоемкость, что делает теплопередачу более эффективной. В пластинчатом рекуператоре пластины полусварные, сварные или спаянные вместе, что полностью зависит от его применения. Пространственное извилистое течение жидкости в каналах способствует турбулизации потоков, а противоток между нагреваемой и греющей средой способствует увеличению температурного напора и, как следствие, интенсификации теплообмена при сравнительно малых гидравлических сопротивлениях. В процессе теплообмена газы движутся навстречу друг другу (в противотоке). В местах их возможного перетекания находится либо стальная пластина, либо двойное резиновое уплотнение, что практически исключает смешение жидкостей [4].

Роторные рекуператоры имеют достаточно разное техническое устройство и принцип действия. Чаще всего их используют для более масштабных задач, связанных с рекуперацией воздуха в более габаритных помещениях. Принцип работы роторного рекуператора основан на передаче тепла от выходящих потоков газов к входящим из внешней среды. Обмен теплом зависит от взаимодействия

вращающихся пластин с поступающим воздухом. Аппарат работает от электросети. При работе теплообменника оба потока не смешиваются между собой, только влияют друг на друга. При этом холодный воздух нагревается, а горячий остывает.

В отличие от пластинчатых рекуператоров, в роторных механизмах происходит частичное смешивание обеих частей воздуха. Непосредственно передача тепла происходит во время вращения ротора, когда его лопасти отдают тепло восходящим потокам. Производительность зависит от скорости вращения, которая поддается регулировке.

Пластинчатые рекуператоры расходуют меньше энергии, чем роторные. В пластинчатых устройствах можно лишь изменить направление пластин и ограничить либо увеличить пропускную способность. В роторных аппаратах все устроено лучше. Он более гибок в настройках, не промерзает в зимнее время и показывает лучшие результаты по энергосбережению по сравнению с пластинчатыми моделями. Как следствие, последние стоят значительно дешевле роторных моделей [5].

Помимо приведенных моделей рекуператоров, существуют и другие: с промежуточным теплоносителем, камерные, фреоновые, трубчатые, ребристые, оребренные. В настоящее время рекуперация получила широкое распространение в большинстве европейских стран, некоторые из которых законодательным образом запрещают разработку и реализацию проектов систем вентиляции, не использующих те или иные средства рекуперации тепловой энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галустов, В.С. Утилизация теплоты дымовых газов / В.С. Галустов // Энергия и менеджмент (Минск). 2004. №6. С.44.

2. Астановский, Д.Л. Применение теплообменных аппаратов нового поколения / Астановский Д.Л., Астановский Л.З., Сильман М.А. // Вестник Международной академии холода. 2010. №3. С.11–17.

3. Губарева, В. В. Тепломассообменное оборудование предприятий: учебное пособие / В. В. Губарева, А. В. Губарев. - Белгород: Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016. – 210с.; <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/201701091320559000000653645>.

4. Губарева В.В. Проектирование трубчатых рекуперативных теплообменных аппаратов. Учебное пособие. / В.В. Губарева – Белгород, БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. 61 с.

5. Астановский, Д.Л. Использование теплообменных аппаратов новой конструкции в теплоэнергетике / Д.Л. Астановский, Л.З. Астановский // Теплоэнергетика. 2007. №7. С. 46–51.

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 SOLAR 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. What is alternative energy? Alternative energy is a set of promising methods of obtaining energy from renewable sources that are not as widespread as traditional ones. However, they are of interest because of the advantages of use, which has a low risk of harm to the environment.

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 power, solar energy, alternative hydropower, geothermal energy, space energy, tidal energy, hydrogen and hydrogen sulfide energy, biofuels and distributed electric power [5].

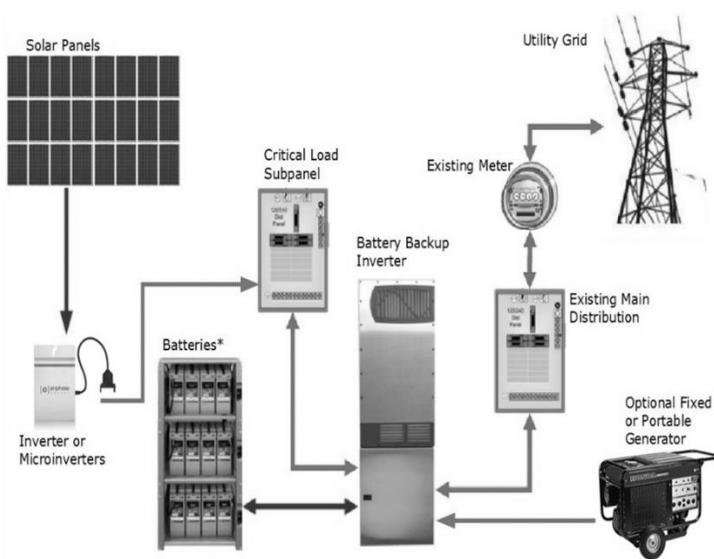
The relevance of the study lies in the fact that in recent years the energy sector has undergone a number of changes, each of which to some extent concerned alternative energy. First, oil prices have risen sharply. Secondly, the demand for energy has risen, including demands from developing and young 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 [1].

Solar energy is any type of energy produced by the sun. It appears as a result of nuclear fusion, which occurs on the Sun. Synthesis occurs when protons of hydrogen atoms actively collide in the solar core and merge to form a helium atom. At its core, the Sun fuses about 620 million metric tons of hydrogen every second.

Since solar energy is a renewable resource, many technologies use it directly in homes, businesses, schools and hospitals. Some solar energy technologies include photovoltaic cells and panels. There are different ways to capture solar radiation and convert it into useful energy [4].

Photovoltaic energy is a form of active solar technology that was discovered in 1839 by 19-year-old French physicist Alexandre-Edmond Becquerel. Becquerel discovered that when he placed silver chloride in an acidic solution and exposed it to sunlight, platinum electrodes attached to it generated an electric current. This process of producing electricity directly from solar radiation is called the photovoltaic effect.

Today, photovoltaic cells are probably the most common way to use solar energy. Photovoltaic batteries usually include solar panels consisting of dozens or even hundreds of solar cells [7].



Drawing 1. The scheme of operation of solar panels

Each solar cell contains a semiconductor that is made of silicon. When a semiconductor absorbs sunlight, it knocks out electrons. The electric field directs these free electrons into an electric current flowing in one direction. Metal contacts in the upper and lower parts of the solar cell direct this current to an external object (drawing 1).

Photovoltaic cells were widely used on spacecraft for the first time. Many satellites, including the International Space Station, have wide

reflective "wings" of solar panels. These solar cells supply the ISS with electricity, allowing astronauts to operate the station, live safely in space for several months and conduct scientific and engineering experiments.

Photovoltaic power plants are built all over the world. The largest stations are located in the USA, India and China. These power plants generate hundreds of megawatts of electricity, which is used to supply homes, businesses, schools and hospitals [4].

The main advantage of using solar energy is that it is a renewable resource. We will have a stable unlimited supply of sunlight for another 5 billion years. In one hour, the Earth's atmosphere receives enough sunlight to meet the electricity needs of every person on Earth throughout the year. After the equipment using solar energy is built and put into operation, it no longer needs fuel to work. Greenhouse gases or toxic materials are also not released. The use of solar energy can significantly reduce the negative impact on the environment.

The main deterrent to the use of solar energy is the necessary equipment, as it is expensive. Buying and installing equipment for individual homes can cost tens of thousands of dollars. The government often offers reduced taxes for people and businesses using solar energy. However, the initial cost is too high for many to take into account. The equipment for solar energy is also heavy. To upgrade or install solar panels on the roof of a building, the roof must be strong, large and oriented in the direction of the sun [6].

It is important to note that this method is extremely harmless to the environment, which is quite important in the modern world with its tendency to respect the environment. The use of solar energy resources to generate energy with the help of modern technologies is much safer environmentally compared to the use of such traditional organic resources as coal and oil. The production of electricity from solar energy is considered the most environmentally reliable branch of energy, as it helps to reduce environmental pollution.

Thus, the use of electric power resources in obtaining energy is quite relevant and highly efficient today, and for the development of solar energy in order to produce energy more efficiently, it is important to create an economical mechanism that stimulates work in the scientific and technical field, the production and introduction of appropriate equipment [2].

Currently, only an insignificant part of solar energy is used due to the fact that existing solar panels have a relatively low efficiency and are very expensive to produce. However, one should not immediately abandon an almost inexhaustible source of clean energy: according to experts, solar energy alone could cover all the imaginable energy needs of mankind for thousands of years to come.

REFERENCES

1. Андреев В.М. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. // Соросов. образоват. журнал. 1996. № 7. С. 93-98.
2. Емельянов А. Солнечная альтернатива: Альтернативная энергетика // Экология и жизнь. 2001. № 6. С. 22-23.
3. Лучков Б.И. На пути к городу Солнца: Использование солнечной энергии // Физика: Прил. к газу. «Первое сентября». 2003. № 15. С.7-10.
4. Родионов Б.Н. Престижно и экономно: Перспективы использования солнечной энергетика // Строит. материалы, оборуд., технологии XXI в. 2000. № 4. С. 34-35.
5. Юревич И. Солнце, воздух, вода, земля...: Альтернативные нетрадиц. источ. энергии // Беларуская думка. 1995. № 12. С. 39-43.
6. Рычков В.В., Солдатенкова Е.И., Трубаев П.А. Оценка величины вырабатываемой электроэнергии солнечными электростанциями в Белгородской области// Энергетические, управляющие и информационные системы: Сб. докл. I межд. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ. 2016. С.138-141.
7. Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Эффективность солнечных водонагревательных установок в условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 416-420.

УДК 628.474: 662.99

Нагорных А.В.

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

МЕТОДЫ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ ИЗ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Свалка является основным способом утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) в большинстве стран. Однако растущая забота об окружающей среде, особенно о возможности загрязнения подземных источников водоснабжения, привела к применению все более высоких стандартов, что привело к увеличению стоимости операций по захоронению отходов, в некоторых случаях в очень значительной степени. Соответственно, в некоторых странах были изучены альтернативные методы экономического использования некоторой части ТБО (рис.1), что позволило бы свести к минимуму потребность в

свалке и в то же время повысить ее экологичность. Одним из таких методов является использование энергетической составляющей ТБО либо для непосредственного производства пара или электроэнергии, либо для производства и продажи в виде твердого топлива в виде хлопьев или гранул [1].



Рис. 1 Вторичное использование твердых бытовых отходов

Большая часть ТБО во всем мире по-прежнему утилизируется путем сброса на землю или в удобно расположенные ямы. Эти свалки часто находятся в состоянии горения и таким образом загрязняют окружающую атмосферу. Кроме того, поскольку они часто вскрываются и существует риск проникновения дождевой воды и выщелачивания растворимых солей тяжелых металлов в подземное водоснабжение, что представляет а потенциальную и невидимую опасность для здоровья.

По этой причине были внедрены методы контролируемой свалки отходов, называемые в Соединенных Штатах санитарными свалками, при которых открытые карьеры, предназначенные для захоронения отходов, “засыпаются” глиной или облицовываются пластиковой мембраной для предотвращения выщелачивания [2]. Завершенную площадку покрывают глиной или другим инертным материалом, чтобы предотвратить попадание воды.

В большинстве развитых стран доступность свалок, пригодных для удовлетворения экологических, законодательных требований или политической приемлемости, снижается, а стоимость захоронения отходов растет, так что во многих странах свалки уже не являются дешевым вариантом утилизации ТБО, которым они, когда -то были.

Фактическая стоимость утилизации мусора на свалке сильно варьируется. Стоимость утилизации 20-30 долларов США за тонну ТБО

распространена в Европе и Северной Америке, но часто она выше.

Соответственно, внимание было сосредоточено на альтернативных методах, направленных, во-первых, на минимизацию количества отходов, подлежащих захоронению на свалках, во-вторых, на обеспечение того, чтобы оставшийся свалочный материал был максимально приемлемым для окружающей среды; и, в-третьих, на извлечение некоторого полезного компонента ТБО, который может быть использованным, компенсируя таким образом по крайней мере часть затрат на утилизацию.

Одним из таких вариантов является использование ТБО для выработки энергии: пара, электричества или промышленного тепла. Таким образом, отходы в принципе могут быть утилизированы на технически эффективной установке с минимальными выбросами дымовых газов и с остаточным материалом для захоронения, который редко будет превышать треть веса исходных отходов - и гораздо меньше этой трети по объему — и таким образом, энергетический вариант может отвечать всем трем указанным выше требованиям при условии, что ТБО сами по себе пригодны [3].

Пригодность ТБО для такого подхода является решающим фактором. В связи с этим особое значение имеет его теплотворная способность. Это, в свою очередь, зависит от содержания влаги (свободной и связанной воды) и зольности (которая в данном контексте определяется как остаточный материал, остающийся после полного сжигания репрезентативного образца). Зола включает в себя, например, неорганический компонент наполнителя бумаги и пластика, а также присутствующее стекло, угольную золу, металлы и так далее. Очевидно, что состав ТБО сильно различается в разных странах. Из-за различий в составе калорийные показатели в отдельных странах отличались от среднего показателя по ЕЭС на 25% [6].

Количество образующихся ТБО также варьируется в зависимости от местоположения. Например, сообщается, что типичные показатели образования мусора в Турции составляют 0,60 кг на человека в день по сравнению с 1,0 кг на человека в день в Западной Европе и 1,25 кг в США.

Выбор технологии получения энергии в подходящих ТБО зависит от качества ТБО и в значительной степени от местоположения и типа потенциального потребителя энергии. Можно рассмотреть следующие основные способы.

1 Выработка энергии:

– массовое сжигание для подачи горячей воды или пара в схему централизованного теплоснабжения или промышленный потребитель;

– производство электроэнергии для продажи в систему электроснабжения;

– сочетание этих двух факторов, то есть комбинированная теплоэнергетика (ТЭЦ).

2. Производство топлива из отходов (RDF) в измельченной хлопьевидной форме для использования на соседнем заводе (например, цементном заводе) или для транспортировки ближайшему промышленному потребителю.

3. Производство уплотненного топлива из отходов (d-RDF) в форме гранул для транспортировки, хранения и продажи для промышленного и коммерческого использования [4,5].

Прямое сжигание ТБО с рекуперацией энергии является простейшим методом использования отходов в качестве топлива.

Япония обладает самыми большими мощностями по сжиганию отходов: по меньшей мере 69 установок с рекуперацией энергии. В Швеции - 32, а в Швейцарии - 25 таких заводов.

Около 30% тепла, практически получаемого из ТБО и горючих промышленных отходов в Швеции, утилизируется путем сжигания (таким образом используется около 50% ТБО); восемьдесят процентов рекуперированного тепла поступает в схемы централизованного теплоснабжения и производит 20-30% или более от общей потребности в отоплении в отдельных случаях. Лишь небольшая часть идет на выработку электроэнергии в Швеции. Нидерланды перерабатывают 36% своих отходов в энергию путем сжигания, но большая их часть используется на самом заводе. Централизованное теплоснабжение показывает а низкое проникновение приемлемости в Нидерландах по сравнению со Швецией, где большинство городов имеют такие схемы.

Таким образом, сжигание ТБО является проверенным процессом. Технология имеет богатый опыт эксплуатации, так что как работоспособность, так и затраты могут быть предсказаны с некоторой уверенностью [9].

Метод переработки (RDF) состоит в измельчении ТБО с последующей воздушной классификацией (добавленной к первоначальной установке), а затем транспортировке более легкой фракции — хлопьевидного материала. Эта успешная технология впоследствии была подхвачена другими предприятиями RDF в Соединенных Штатах. В США построено или строится не менее 27 заводов, способных производить измельченный RDF. В недавнем обзоре перечислены 40 заводов по производству энергии из отходов в США, использующих технологии, отличные от массового сжигания.

Три миллиона тонн готового цемента было произведено с

использованием RDF в качестве части топлива в обжиговых печах, без какого-либо негативного влияния на качество цемента [6,7]. Эта технология была лицензирована в странах Бенилюкса и Соединенных Штатах.

Получение гранулированного RDF все еще является развивающейся областью, и топливные контуры существующих установок необходимо рассматривать в этом свете, а не как определенные примеры того, что может или должно быть сделано в будущих установках.

Сжигание ТБО на специально построенных заводах или в высокотемпературных промышленных установках может быть жизнеспособным и экологически безопасным методом удаления больших количеств подходящих отходов и в то же время извлечения значительной части собственной энергии. Одним из главных факторов является теплотворная способность имеющегося мусора; другим - количество, доступное для обработки. Изменчивость либо в качестве, либо в количестве (или в том и другом) может привести к проблемам.

Технология апробирована и ориентирована на производство, что предполагает определенную капиталоемкость. Это также означает, что операторы должны быть обучены управлять установками и справляться с изменениями, вызванными использованием такого переменного сырья. Это может определить местоположение завода. Без сомнения, это во многом определит тип объекта, который будет установлен. Ожидаемый срок службы завода составит не менее 10 лет, и клиенты должны быть выбраны соответственно. Установки сжигания могут быть оснащены соответствующим оборудованием для борьбы с загрязнением, чтобы можно было удовлетворить существующие и ожидаемые экологические потребности, лучше всего это достигается при крупных операциях.

При производстве и сбыте уплотненного RDF (пеллет) учитываются различные факторы. Оптимальный маршрут обработки еще предстоит определить. Таким образом, речь идет о некоторой степени неопределенности. Кроме того, когда пеллеты RDF продаются нескольким потребителям, не всегда возможно получить долгосрочные обязательства по основной части производства. Кроме того, пользователи могут быть неспособны удовлетворить относительно высокую степень экологического контроля, который в настоящее время считается необходимым при сжигании таких материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kenyon, K.M. Archaeology in the Holy Land. London: E. Benn,

1979. 359 p.

2. Klass D., Sen C.T. Energy from waste. Stockholm: NEA&NSCEP, 1987, 231 p.

3. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Анализ температуры горения ТБО в водогрейном котле малой мощности // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 368-373.

4. Bondarenko I.R., Volkov D.Yu., Kovalev L.A. Calculation of power and energy indicators of the process of materials rapture during their processing with the help of an inertial tool with a curved cutting rim // IOP Conf Series Materials Science and Engineering. 2019. No 260. P. 012141.

5. Шамсиева Г.Ш., Найман С.М., Найман Мих.О., Найман М.О. Отходы населения и их распределение по городской территории // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 390-394.

6. Порожнюк Л.А., Василенко Т.А., Порожнюк Е.В. Роль экологического аудита в обращении с отходами в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 177-180.

7. Мирошникова О.В., Борисов И.Н. Использование различных горючих отходов в производстве цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 7. С. 71-76.

УДК 628.474:662.99

Нагорных А.В.

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

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Твердые бытовые отходы, образующиеся в жилых домах и коммерческих объектах, в основном нетоксичны и исторически утилизировались путем сжигания и/или захоронения на свалках. Первый опыт сжигания ТБО в США относится к 1885 году. В первую очередь сжигание используется для уменьшения объема отходов перед захоронением на свалке [1]. Установки для сжигания отходов, производящие электроэнергию или поставляющие пар для отопления, использовались в Великобритании еще в 1895 году. Эти относительно неэффективные станции были закрыты в первую очередь из-за наличия

дешевого топлива. Хотя доступность недорогих традиционных видов топлива (до 1973 года) делала почти все тепловые системы преобразования отходов в энергию неэкономичными. Системы преобразования отходов в энергию уже много лет используются в Европе и Японии, где затраты на энергию всегда были выше. Энергетический кризис начала 1970-х годов и растущие затраты на энергию в сочетании с трудностями и ограничениями, возникающими при утилизации отходов, привели к возобновлению интереса к мусору в качестве топлива, начиная с более точного определения его теплотворной способности. В связи с тем, что существующие свалки достигают предела своей вместимости, а доступность новых свалок сокращается, большинство из развитых стран сталкиваются с феноменальной проблемой утилизации отходов [2].

Некоторые крупные мегаполисы уже испытывают проблемы. В попытке решить эту проблему многие муниципалитеты строят заводы по переработке отходов в энергию для сжигания своих отходов. Электроэнергия и пар, вырабатываемые установками, продаются для увеличения доходов, что помогает стабилизировать или снизить затраты на утилизацию мусора.

Мусороперерабатывающая электростанция "Флингерн" в Дюссельдорфе, Западная Германия, обслуживает население примерно в 650 000 человек и была введена в эксплуатацию в 1966 году. Годовая производительность установки составляет около 280 000 тонн; около 600 000 тонн пара подается на местную электростанцию и для централизованного теплоснабжения. Еще один завод был введен в эксплуатацию в Цюрихе в 1978 году. В 1980 году завод сжег 270 000 тонн отходов, производя комбинированную тепловую и электрическую энергию (ТЭЦ) [3, 4].

Дания находится в авангарде использования ТЭЦ, и отходы используются в качестве дешевого низкосортного топлива, в то время как Европейские страны доминируют в области массового сжигания, многие заводы находятся в Японии и скандинавских странах.

В Согуе, штат Массачусетс, США, в период с 1973 по 1975 год был построен завод по переработке отходов в энергию. В настоящее время завод переработал более 3 миллионов тонн отходов, которые преобразуются в полезную тепловую и электрическую энергию. Завод в Пиксхилле, штат Нью-Йорк, был введен в эксплуатацию в 1985 году, и предназначен для сжигания 2250 тонн мусора в день и выработки 60 МВт электроэнергии.

На человека в день производится примерно 1 кг отходов, и примерно 5 тонн отходов имеют тот же энергетический потенциал, что

и 2 тонны угля или 1 тонна нефти. Потенциал увеличения сокращающихся мировых запасов ископаемого топлива очевиден, даже несмотря на то, что эффективность преобразования в электроэнергию для небольшой электростанции, работающей на отходах, составляет менее половины от эффективности современной электростанции, работающей на угле или мазуте. Собираемый мусор может представлять собой гетерогенную смесь из бумаги, пластмасс, текстиля, стекла, металлов, растительных материалов, пыли и золы, и других неклассифицированных материалов. Установка по переработке отходов в энергию должна обслуживать весь мусор, доставляемый из транспортных средств для сбора мусора. Типичный анализ материала для городских коммунальных отходов может быть таким, как показано в (таблице 1).

Таблица 1 – Массовый состав отходов

Компонент	Вес(%)
Пыль и зола	14,8
Растительное вещество	19,7
Бумага и картон	33,8
Металлы	6,4
Текстиль	4,2
Стекло	9,3
Пластмассы	5,3
Несортируемые отходы	6,5

В (таблице 2) показан типичный окончательный анализ элементарного состава отходов [1-4].

Таблица 2 – Элементарный состав отходов

Химический состав	Вес(%)
Углерод	25
Водород	3
Кислород	18,4
Азот	0,4
Сера	0,2
Вода	26
Зола и шлаки	27

Химический состав твердых бытовых отходов можно найти в диапазоне, показанном в (таблице 3). Около 30-40% отходов,

поступающих в мусоросжигательную установку, являются негорючими и покидают печь в качестве остаточного материала для утилизации. Основной компонент золы в отработанном топливе образуется из глины, добавляемой при производстве бумаги. Сжигание, однако, уменьшает объем материала, подлежащего утилизации. Уменьшение объема на 10% является важным фактором в последующих остаточных затратах на утилизацию. Муниципальный мусор имеет влажность от 15 до 60%. Содержание влаги в компонентах варьируется в широких пределах: от незначительного или полного отсутствия в коммерческой бумаге до 70% или более в пищевых продуктах и дворовых отходах. Большая часть бытовых отходов легко воспламеняется (25-70%) и обладает достаточно высокой теплотворной способностью, чтобы обеспечить хороший потенциал для сжигания и последующей рекуперации тепла выделяющегося в процессе горения [5...7].

Среднее значение высшей теплотворной способности для необработанных муниципальных отходов составляет около 8400 кДж/кг. С учетом содержания влаги (обычно 20-30% по массе) сырье хорошего качества имеет среднюю теплотворную способность 10500 кДж/к. Существует ряд альтернативных методов утилизации отходов, варьирующихся от традиционной концепции свалки до более приемлемого в настоящее время использования отходов в качестве топлива: а) массовое сжигание (сжигание).

В системах массового сжигания отходы сжигаются в режиме "по мере поступления"; б) топливо, получаемое из отходов (RDF).

Таблица 3 – Характеристика ТБО

Химический состав	Вес(%)
Влажность	15-35
Углерод	15-30
Кислород	12-24
Водород	2-5
Азот	0,20-1,0
Сера	0,02-0,10
Негорючие вещества	15-25
Высшая теплотворная способность (Н.Н.V.)	7000-14000 кДж/кг

Топливо, полученное из отходов, обрабатывается таким образом, чтобы все негорючие материалы были удалены перед сжиганием; в) пиролиз – термическое разложение в отсутствие кислорода. Когда тепло

для пиролиза обеспечивается сжиганием части отходов в воздухе или кислороде, термин "газификация" является более подходящим.

При надлежащем обращении с отходами и установке соответствующего оборудования для рекуперации энергии отходы могут обеспечить высокий процент от общего энергопотребления любой страны. Стоимость отходов, образующихся на месте и используемых в качестве топлива, может быть низкой. Извлечение энергии из него на месте экономит затраты на его утилизацию [8].

Из краткого обзора рекуперации энергии при сжигании ТБО можно сделать следующие основные выводы.

– Производительность установок массового сжигания отходов в энергию была такой же надежной, как и у других электростанций, и система может быть жизнеспособным предложением и привлекательной альтернативой традиционному методу захоронения отходов.

– Сжигание отходов может внести ценный вклад в крупномасштабные схемы ТЭЦ или иметь перспективу для коммерчески жизнеспособного развития мелкомасштабного централизованного теплоснабжения.

– Массовое сжигание без предварительной обработки отходов с выработкой электроэнергии считается наиболее надежным и экономичным вариантом утилизации отходов.

– Установки по переработке отходов в энергию могут сыграть определенную роль в стабилизации или снижении затрат.

– Показатели рекуперации тепла зависят от скорости загрузки и теплотворной способности отходов; эффективность и загрязнение котла-утилизатора и тепловая инерция установки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Smith D.J. Spent fuel, fuel derived from waste, and cogeneration // Energy, 1986. No 19. P. 40-46.

2. Smart J.H.S. The Greater London Council's Refuse-Fired Power Station // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Power and Process Engineering. 1986. Vol 200, No 4. P. 255-266.

3. Barnes N. Operational characteristics of waste-to-energy processing plants // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. 1985. Vol. 199, No 2. P. 117-122.

4. Bondarenko I.R., Volkov D.Yu., Kovalev L.A. Calculation of power and energy indicators of the process of materials rapture during their

processing with the help of an inertial tool with a curved cutting // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. No 560. P. 012141

5. Севостьянов В.С., Шамгулов Р.Ю., Шеин. Н.Т., Оболонский В.В., Бабуков В.А. Ресурсоэнергосберегающие технологии и технические средства для переработки твердых коммунальных отходов // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 319-326.

6. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Разработка методики теплотехнических расчетов по приведённым характеристикам RDF-топлив // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 214-223.

7. Порожнюк Л.А., Василенко Т.А., Порожнюк Е.В. Роль экологического аудита в обращении с отходами в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 177-180.

8. Мирошникова О.В., Борисов И.Н. Использование различных горючих отходов в производстве цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 7. С. 71-76.

УДК 658.261:3

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

Научный руководитель: Рыбина А.В., асс.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЗАВИСИМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ОБЩЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

На текущий момент скорость развития экономики нашей страны имеет большую зависимость от состояния в энергетическом секторе, в связи с этим значительное внимание уделяется решению проблемы по наиболее эффективному и энергосберегающему функционированию всех областей и регионов в государстве [1].

Основа энергетической эффективности заключается в рациональном использовании энергоресурсов. Класс энергоэффективности объекта определяется на основании проведённого энергоаудита, результатом которого являются полученные при тепловизионной съёмке фактические данные, согласно теоретическим расчётам на базе проектной документации [2]. Низкая энергоэффективность приводит к лишним производственным

издержкам, повышению стоимости конечного продукта и снижению конкурентноспособности предприятий, а также увеличиваются расходы на оплату коммунальных ресурсов для населения и бюджетных организаций. Повышение энергоэффективности является приоритетным направлением, её можно отнести к категориям, определяющим характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов, применительно к технологическому процессу [3].

На предприятиях, где временная остановка производственной линии является недопустимой, и влечет за собой большие денежные потери, необходимо предусматривать возможность энергоснабжения от индивидуального, автономного источника энергии. Индивидуальные генераторы энергии являются важнейшим фактором обеспечения бесперебойной работы крупных предприятий.

За последний десяток лет в секторе энергетики внедряются энергоустановки, использующие в качестве первичного источника энергии. С большой долей экономической эффективности на сегодняшний день работают установки с когенерацией, вырабатывающие электроэнергию и тепловую энергию. Когенерационные установки могут применяться не только в качестве вспомогательных источников для производства тепло- и электроэнергии, котельных, но и как независимые мини-ТЭЦ. При их использовании отпадает необходимость строительства линий электропередачи и подстанций. Использование таких энергоустановок позволяет отапливать крупные промышленные объекты [4]. Огромную роль для госпредприятий играет электроснабжение, тенденции которого приведены в табл.

Таблица 1 Тенденции в электроснабжении в России

Источники	Потребители
Новые технологии генерации (газотурбинные установки, ветрогенераторы, фотоэлектрические панели и др)	Появление новых бытовых электроприёмников с повышенными требованиями к качеству электроэнергии и надёжности электроснабжения
Использование накопителей электроэнергии	Специфические требования со стороны промышленных потребителей

Для большого количества крупных предприятий высокую степень важности имеет тепло- и электроснабжение, поэтому уделяется большое внимание к созданию независимых альтернативных

источников энергии, которые соответствуют экономическим, техническим, экологическим и другим требованиям, а также просты и надежны в эксплуатации. В структуру системы энергоснабжения предприятий в качестве основных генераторов электроэнергии могут входить дизельгенераторы, мини ГЭС, микротурбины, системы когенерации, электростанции на биомассе, ветрогенераторы, фотоэлектрические преобразователи микротурбины и т.д [5]. Самым оптимальным вариантом в качестве альтернативного независимого энергоисточника можно рассмотреть дизель-генератор, позволяющий обеспечивать электроэнергией отдельное предприятие. Основными преимуществами ДГУ являются: низкая стоимость вырабатываемой энергии, быстрая окупаемость, долговечность, простота в эксплуатации. Наличие дизельгенератора в качестве независимого источника энергии на предприятии позволяет вырабатывать нужное количество тепло- и электроэнергии.

Также для получения электроэнергии широкое применение на территории России нашли стационарные дизельные электростанции, которых в России насчитывается более 5 тысяч. Данные технические решения вырабатывают порядка 1,8 млрд. кВт·ч электроэнергии при потреблении около 0,8 млн. т условного топлива ежегодно.

В связи с новым вектором развития энергетики и появления на рынке энергетических товаров спроса на интеллектуальные энергокомпании [6], использование независимого источника энергии на предприятии является целесообразным при учёте правильного энерго- расчёта и эффективного распределения энергии в инженерных энергосистемах.

Необходимо также правильно расставлять приоритеты и использовать ресурсы организации максимально эффективно, например, при капитальном ремонте зданий предприятия или их реконструировании, при энергоаудите [7], целесообразно просчитать необходимые мощности, для того, чтобы при постройке независимого источника энергии распределение денежных затрат относительно потребляемой энергии было оптимально.

В работе нами был рассмотрен дизель-генератор в качестве альтернативного независимого источника энергии для крупных предприятий. Данное техническое решение позволяет повысить общую энергетическую эффективность предприятия за счёт большого количества выработанной тепло- и электроэнергии, что значительно повышает энергетические показатели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ширрима К.Ж., Трубаев П.А. Особенности оценки индикаторов энергетической эффективности подразделения муниципалитетов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №10-2. С. 123-126.

2. Кожевников В.П., Вайсера С.С. Оценка целесообразности использования вентилируемого фасада при отделке наружной стороны стеновых конструкций здания общежития №1, 2 БГТУ им. В.Г. Шухова // Молодежь и научно-технический прогресс: сборник докладов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 4 т., Губкин, 20 апреля 2017 года. Губкин: ООО "Ассистент плюс", 2017. С. 112-118.

3. Ширрима К.Ж., Трубаев П.А. Ключевые аспекты функционирования системы энергетического менеджмента в бюджетных учреждениях // Научные технологии и инновации. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 224-232.

4. Бруев С.В., Гончаренко П.С., Струздин Н.С. Использование возобновляемых источников энергии // Молодежь и научно-технический прогресс: IX международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: в 4 томах, Губкин, 14 апреля 2016 года. Губкин: ООО "Ассистент плюс", 2016. С. 73- 75.

5. Сулов К.В., Развитие систем электроснабжения изолированных территорий России с использованием возобновляемых источников энергии // Вестник ИрГТУ. 2017. № 5 (124).

6. Нестеров А. М., Трубаев П. А., Михайлова М. Ю. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. 2013. №. 5. С. 208-211.

7. Косухин М. М., Семак А. В., Косухин А. М. Оценка потенциала энергосбережения на основе энергоаудита // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г Шухова. 2016. №. 12. С. 89-94.

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

Научный руководитель: Рыбина А.В., асс.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ КАК ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЁННОГО ПУНКТА

В настоящее время в секторе энергетики критически растет спрос на новые инновации. Одним из таких инновационных, перспективных нововведений является внедрение новых разработок в области энергоснабжения удаленных малонаселенных поселений или для крупных промышленных предприятий. Малые населённые пункты, находящиеся на значительном удалении от больших городов, не получают достаточного финансового обеспечения, в связи с чем в малонаселённых селениях проблематично обеспечить бесперебойную доставку энергоресурсов (газовые баллоны, уголь). Целесообразно будет внедрять энерготехнологии на основе возобновляемых источников энергии. Внутренняя политика сельских населённых пунктов требует капитальных вложений в сектор энергетики.

К примеру, в качестве нововведения для энергоснабжения электроэнергией для сельских населённых пунктов можно рассмотреть такое техническое решение, как “ветряки”. Ветроэнергетика считается весьма перспективным направлением возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для использования в удаленных малонаселенных пунктах. Уровень развития действующих ветроэлектростанций позволяет достичь коэффициента использования установленной мощности в пределах 0,35...0,4 [1]. Также внедрение ветроэлектростанций позволит повысить энергоэффективность, которая заключается в рациональном использовании энергетических ресурсов и правильном их использовании, на территории сельских населённых пунктов [2].

Активное внедрение возобновляемых источников энергии является одной из важнейших ниш в развитии энергетики нашей страны.

Рассматривают несколько наиболее перспективных видов нетрадиционных возобновляемых источников энергии, (НВИЭ) которые подойдут для использования в удаленных населённых пунктах:

– ветроэнергетика (ветроустановки);

- малая гидроэнергетика;
- солнечная энергетика (солнечное теплоснабжение, солнечная электроэнергетика);
- энергия бытовых и промышленных стоков (тепловые насосы);
- энергия сжигания твёрдых бытовых отходов и горючих промышленных отходов;
- биогазовые установки;
- энергоэффективный дом.

Применение представленных выше видов НВИЭ положительно скажется на экономическом развитии небольших сельских населённых пунктов [3].

Как уже было указано выше, в качестве основного источника энергии для малонаселённых пунктов предлагается рассмотреть ветроэлектростанцию. Использование ветроэлектростанции в качестве источника энергии предпочтительнее ввиду того, что ветряной ресурс находится в свободном доступе, экологически чистый, неисчерпаем и потенциальная мощность зависит только от локальных климатических условий (розы ветров). Ветроэнергетика не вносит ощутимого “вклада” в загрязнение окружающей среды, поэтому на её основе возможно разработать высококачественную модель выработки энергии для обеспечения ею жилых и небольших промышленных объектов. Уровень развития ветроэлектростанции на сегодняшний день позволяет вступать в конкурентную борьбу с прочими источниками энергии на энергетическом рынке [4]. Благодаря развитию ветроэнергетики возможно получать большое количество электроэнергии. Оптимизированные ветряные электростанции решают насущную задачу энергоснабжения для сельских населённых пунктов в виде повышения стабильности энергоэффективности.

Возобновляемые источники энергии в течение последнего десятилетия существенно развились и заняли перспективно-лидирующее положение. Ниже, на рис., представлена схема производства электроэнергии в мире по источникам.

На столбчатой диаграмме видно, что ветроэлектростанции (ВЭС) вносят большой процентный вклад в выработку всей электроэнергии, что важно для перспективы развития возобновляемых источников энергии. Благодаря целесообразному использованию энергоресурсов в виде электроэнергии, повышается уровень энергетической эффективности сельских населённых пунктов [5].

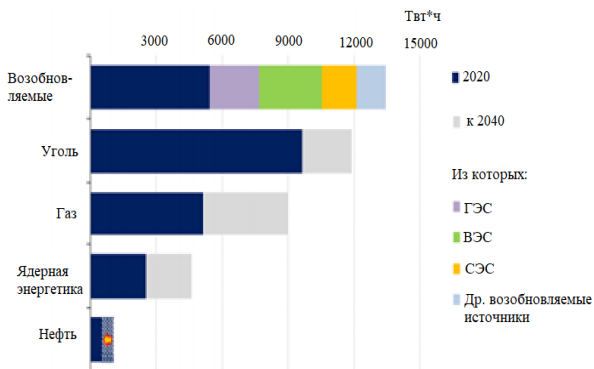


Рис. 1 Производство электроэнергии в мире по источникам.

В работе в качестве основного источника энергии для малонаселённых пунктов была предложена к рассмотрению - ветроэлектростанция. Благодаря использованию данного технического решения повышается общая энергетическая эффективность малых населённых пунктов, что значительно повышает энергетические показатели. Также оптимальная работа ветроэлектростанции позволяет повысить экономические показатели, что значительно улучшает экономическую обстановку на территории сельских населённых пунктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муровский С.П., Кушнарченко Д.С., Купленный В.О. Внедрение перспективных технологий для автономного электроснабжения удалённых населённых пунктов // Энергетические системы: Сборник трудов II Международной научно-технической конференции, Белгород, 23-24 ноября 2017 года. Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. С.379-384.

2. Кожевников В.П., Вайсера С.С. Оценка целесообразности использования вентилируемого фасада при отделке наружной стороны стеновых конструкций здания общежития № 1, 2 БГТУ им. В.Г. Шухова // Молодежь и научно-технический прогресс: сборник докладов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 4 т., Губкин, 20 апреля 2017 года. Губкин: ООО "Ассистент плюс", 2017. С. 112-118.

3. Разумова Ю.К., Струздин Н.С. Стратегия развития возобновляемых источников энергии в Белгородской области // XI Международный молодёжный форум "Образование. Наука.

Производство”. Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. С. 2213-2217.

4. Бруев, С.В., Гончаренко П.С., Струздин Н.С. Использование возобновляемых источников энергии // Молодежь и научно-технический прогресс: IX международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Губкин: ООО "Ассистент плюс", 2016. С. 73-75.

5. Нестеров А.М., 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.

УДК 621.182.2

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

Научный руководитель: Рыбина А.В., асс.

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

МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА

Пароперегреватель – устройство, которое служит для выработки перегретого пара, температура которого выше, чем температура насыщения в барабане котлоагрегата при одинаковом давлении. Он является одним из наиболее ответственных элементов котлоагрегата из-за того, что пар в нем достигает высоких значений, и, следовательно, металл пароперегревателя эксплуатируется в условиях, которые близки к предельно допустимым [1].

Разные типы систем пароперегревателей имеют отличные регулировочные характеристики, то есть зависимость температуры перегретого пара от нагрузки котла.

Отличительной особенностью радиационных пароперегревателей является падение температуры перегретого пара вследствие повышения нагрузки котлоагрегата. При использовании радиационной поверхности нагрева объем передаваемой теплоты определяется главным образом от теоретической температуры сгорания топлива, степени черноты топки и тепловой характеристики пароперегревателей [2]. Эти параметры практически не зависят от количества сжигаемого топлива, и соответственно, и от нагрузки. Вследствие этого в радиационном пароперегревателе теплопередача растет значительно медленнее увеличения объема пара, проходящего через

пароперегреватель, соответственно удельное тепловосприятие (на единицу пара) снижается кривая 1 на (рисунке 1).

В конвективном пароперегревателе объем уходящих через него дымовых газов растет практически пропорционально скорости газов в степени 0,6...0,65. Соответственно из-за снижения прямой отдачи в топке и увеличения температуры дымовых газов на выходе из топки растет температурный напор в области конвективного пароперегревателя. Два этих обстоятельства ведут к более быстрому увеличению температуры перегретого пара в сравнении со скоростью роста нагрузки котла кривая 3 на (рисунке 1).

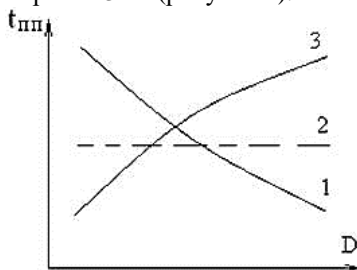


Рис. 1 Регулировочные характеристики пароперегревателей; 1 - радиационного; 2 - комбинированного; 3 - конвективного

При определенном подборе размеров радиационной и конвективной поверхностей пароперегревателя в теории есть вероятность достичь постоянства температуры перегретого пара (кривая 2 на рис. 1). Но в действительности на температуру перегретого пара будут оказывать влияние изменяющиеся эксплуатационные факторы: коэффициент избытка воздуха в топке, влажность топлива, шлакование экранов топки и пароперегревателя, температура питательной воды. Вследствие чего возникает необходимость регулирования температуры перегретого пара другими способами, так как повышение температуры отдельных труб пароперегревателя на 15...20 °С приводит к снижению срока службы примерно в два раза [3].

В паровых котлах с большой выработкой пара и с большим поперечным сечением газоходов имеет место неравномерный обогрев поверхностей нагрева по ширине и высоте горизонтального газохода. Достичь снижения влияния неравномерного распределения теплоотдачи по ширине газохода удастся применением секционирования пароперегревателя по ширине с перебросом потоков пара на противоположную сторону газохода после каждой секции по мере продвижения в глубину. Осуществить переброску пара представляется возможным или специальными трубами, или за счет движения пара

вдоль коллектора. В первом случае возникает большая зависимость от числа перепускных труб, вследствие чего смешиванию подвергается меньшая доля пара (рисунок 2а). Второй же способ более эффективен в виду того, что в коллекторах происходит смешивание пара из каждого полупотока (рисунок 2б).

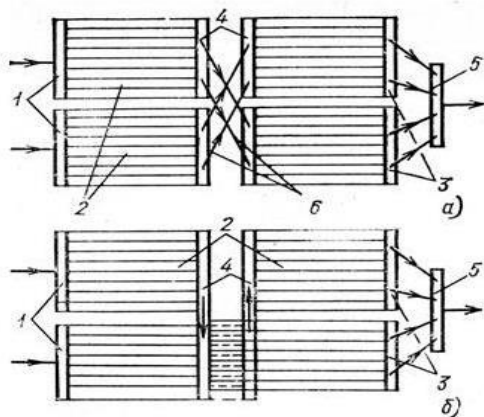


Рис. 2 Секционирование конвективного пароперегревателя; а) с перебросом пара перепускными трубами; б) с перебросом пара вдоль коллектора; 1 - входной коллектор; 2 - змеевики пакета; 3 - выходной коллектор; 4 - промежуточный коллектор; 5 - паросборная камера; 6 - перепускные трубы

Также существуют два основных метода регулирования температуры пара: паровой и газовый [4].

Регулирование паром основывается на уменьшении энтальпии пара или за счет подогрева им питательной воды, или за счет распыления в его поток обессоленной воды. Регулирование паром осуществляется двумя путями: охлаждением пара в поверхностных пароохладителях - теплообменниках либо впрыскиванием конденсата в поток перегретого пара - впрыскивающие пароохладители. Такие способы зачастую используют для регулирования температуры свежего пара. Чтобы регулировать температуру вторично-перегретого пара также можно использовать паровое регулирование, но оно обычно основывается на смешении объемов свежего и вторично-перегретого паров.

Регулирование газом основывается на изменении тепловосприятия поверхностей нагрева с газовой стороны до необходимого значения температуры перегретого пара. К таким методам относят: байпасирование части объема дымовых газов, минуя

пароперегреватель; изменение положения факела в топке; рециркуляцию дымовых газов. Газовое регулирование применяют для изменения температуры вторично-перегретого пара, а иногда и для свежего пара [5].

Таким образом, можно заключить, что изучение и применение методов регулирования перегретого пара необходимо для большинства энергетических установок. Оно позволяет значительно повысить КПД всей установки в целом, продлить срок эксплуатации нагревательных поверхностей пароперегревателей, а также получать пар необходимых для технологических процессов параметров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулешов М.И., Погонин А.А. Конденсационный водогрейный котел для автономных систем теплоснабжения жилых, общественных и промышленных объектов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 171-173.

2. Дубина А.С. Конструкция конденсаторов системы пароснабжения среднего давления // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 184-186.

3. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 240 с.

4. Губарев А.В., Васильченко Ю.В. Теплогенерирующие установки. Часть 1. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 162 с.

5. Губарев А.В., Горлов А.С., Кулешов М.И., Васильченко Ю.В. К определению длины змеевика конвективного пароперегревателя // Тяжелое машиностроение. 2010. № 12. С. 14-15.

УДК 662.61

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

Научный руководитель: Тихомирова Т.И. доц.

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

ИССЛЕДОВАНИЯ СЖИГАНИЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАГРЕТОГО ВОЗДУХА

В статье рассматривается сжигание типичных промышленных газов в конфигурациях, характеризующихся разделением струй газа и

воздуха, поступающих в камеру сгорания. В экспериментах использовались три типа топливных газов: сжиженный нефтяной газ, природный газ с высоким содержанием метана и природный газ или биогаз с низкой теплотворной способностью [7]. Низкокалорийные газы состояли из смеси природного газа (содержащего около 97 % метана, менее 1 % высших углеводородов и азота) и азота в качестве инертного газа. В эксперименте использовалось топливо с низким содержанием топлива, содержащее только 50 % горючих газов (теплотворная способность ниже 18 МДж/нм³).

В статье представлены результаты исследования горения газов в регенеративной горелке.

1. Исследование регенеративной газовой горелки

Регенеративная горелка HRS, созданная Nirron Furnace Koyo NFK, оборудована четырьмя последовательно включенными регенераторами: один для подачи воздуха в камеру, а три других - для отвода выхлопных газов в дымоход. Выхлопные газы проходят через регенератор, выполненный в виде сот. Электронные драйверы типа PLC управляют пневматическими клапанами, последовательно переключая поток выхлопных газов и воздуха через последовательные регенераторы. Время переключения □□ может варьироваться от 5 до 15 секунд в зависимости от температуры камеры сгорания и предполагаемого теплового КПД. Чем больше время переключения, тем выше температура предварительно нагретого воздуха, поступающего в камеру, и тем ниже температура выхлопных газов, выходящих из камеры. Вот почему время переключения является одним из наиболее важных параметров качества регенеративных газовых горелок.

На (рисунке 1) представлены результаты основных исследований ме сторождения для двух основных газов, использовавшихся в лаборатории: LPG и LCNG-I. Как видно из (рисунке 1), для LPG влияние Δt невелико, но с увеличением Δt выброс NO_x уменьшается [1].

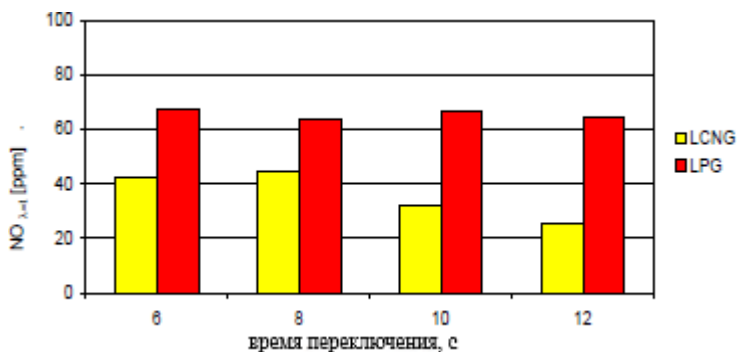


Рис. 1 Сравнение выбросов NO_x при сжигании LCNG-I и LPG при температуре воздуха 950°C

2. Исследование модифицированной классической газовой горелки

Во многих технологиях, особенно в промышленных печах для металлургии, работающих на низкокалорийных газах, использование регенеративных горелок с высокой эффективностью рекуперации энергии неэкономично. Это вызвано низким отношением потока воздуха к потоку газа. Более экономичная технология предполагает использование центральных рекуператоров (или регенераторов), нагревающих воздух до средних температур от 400°C до 600°C в зависимости от материалов, используемых в их конструкции, и расстояния между рекуператором и газовой горелкой.

Топку, уже оборудованную классическими горелками, можно модернизировать, добавив рекуператор и используя отдельные форсунки для впрыска газа в камеру сгорания. После такой модернизации часть газа направляется в горелку традиционным способом, а оставшая часть впрыскивается форсункой за центральную горелку в виде струй чистого газа, не смешанного с воздухом. Решающее значение для этой технологии имеет поиск оптимального распределения газа: струя F1, направляемая непосредственно через горелку, и F2, проходящая через сопла [8]. Особое внимание следует уделять обеспечению легкого розжига горелки, особенно в начале процесса, когда температура воздуха еще низкая. В таких условиях типичные горелки, на которые подается полный объем воздуха и небольшая часть газа, имеют тенденцию терять устойчивость пламени, что неприемлемо для пользователей печи. Расстояние Y между осью горелки и соплами должно регулироваться в зависимости от типа газа, температуры нагретого воздуха T_{in} и рабочей температуры камеры сгорания T_c [6]. На (рисунке 2) представлены результаты исследования

выбросов NO в горелке мощностью 150 кВт, работающей на воздухе, нагретом до $T_{in} = 400^\circ \text{C}$. Температура камеры сгорания $T_c = 1100^\circ \text{C}$, мощность газовой горелки: 150 кВт. $F_1 = 25\%$ расхода газа в газовой горелке, $F_2 = 75\%$ для двух форсунок, расположенных на расстоянии Y , газ типа LCNG I [2].

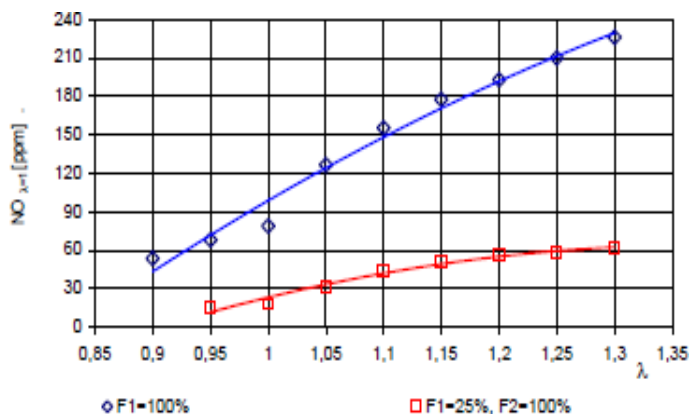


Рис. 2 Результаты исследования выбросов NO_x в горелке мощностью 150 кВт

3. Исследование системы SIGB

Основная идея заключалась в замене классической газовой горелки комплектом из двух отдельных газовых форсунок и расположенной по центру форсунки для подачи воздуха. Воздух нагревали до $400 \dots 600^\circ \text{C}$. Скорость воздуха, выходящего из сопла, составляла от 90 до 120 м/с. Он был экспериментально отрегулирован в соответствии со скоростью газа, чтобы обеспечить минимально возможное выделение NO_x . Эта скорость не может быть слишком высокой, поскольку при низких рабочих температурах камеры сгорания T_c в выхлопных газах остаются несгоревшие углеводороды [3, 4].

Такая конфигурация газовых и воздушных форсунок, называемая здесь SIGB (полупромышленная газовая горелка), является очень перспективным решением для промышленного применения в печах, оборудованных центральным рекуператором или регенератором тепла. Его более подробное описание содержится в последней части данной статьи. Результаты исследования выбросов NO_x в зависимости от температуры камеры сгорания при различной мольной доле O_2 представлены на (рисунке 3). Топливо: LPG, размеры камеры сгорания: 450×300 мм, скорость газа: 120 м/с, мощность: 200 кВт, температура воздуха навходе: 600°C .

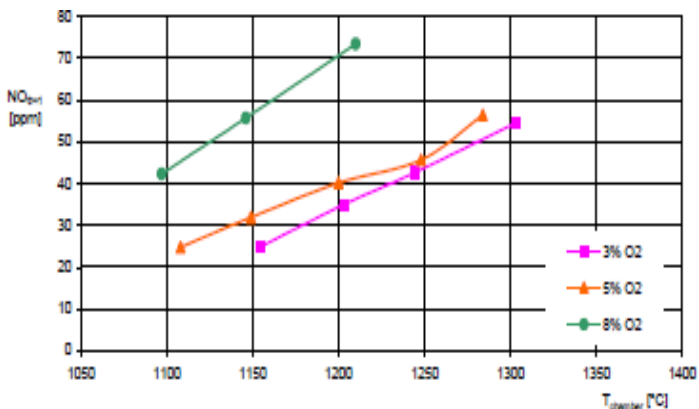


Рис. 3 Выбросы NO_x в зависимости от температуры камеры сгорания при различной мольной доле O₂

Влияние плотности тепловыделения DHR на выброс NO в зависимости от мольной доли O₂ представлены на (рисунке 4). Топливо: LPG, температура топки: 1250° С, температура воздуха на входе 600° С, размер камеры сгорания: 600×600 мм, скорость газа: 120 м/с [5,6].

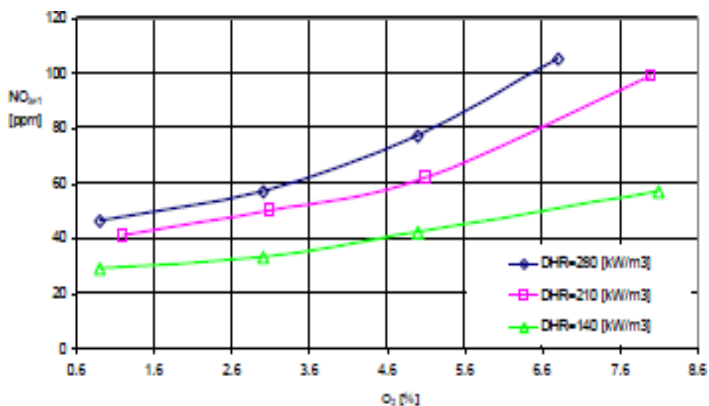


Рис. 4 Влияние плотности тепловыделения DHR на выброс NO_x в зависимости от мольной доли O₂

Сравнение трех методов сжигания, показанных на (рис. 1–3), для низкокалорийного природного газа LCNG-I представлено на (рис. 5). Как видно на диаграмме несмотря на то, что регенераторы,

установленные в горелке, подняли температуру нагретого воздуха до 930° С, очень продвинутая конструкция горелки позволила это сделать. возможно максимально снизить выброс NO_x. Поскольку эта горелка работает при самой высокой температуре подаваемого воздуха, что приводит к наивысшей тепловой эффективности нагрева нагретого материала, выброс диоксида углерода, связанный с эффективностью печи, также будет самым низким.

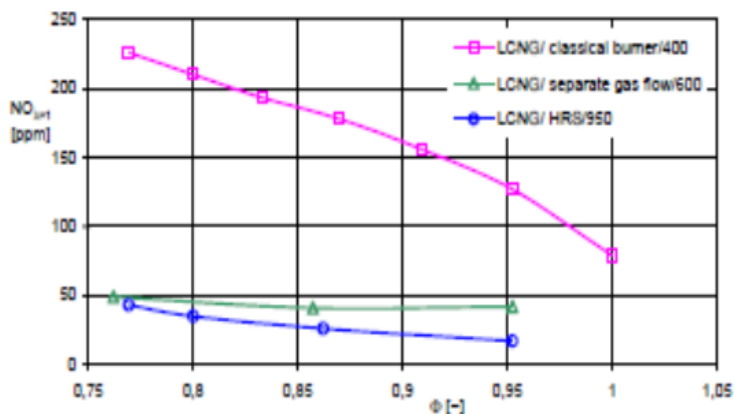


Рис. 5 Сравнение выбросов NO_x для разных методов сжигания и разной температуры воздуха на входе

Результаты исследований различных низкоэмиссионных технологий сжигания газов сжиженного природного газа и сжиженного нефтяного газа, представленные в этой статье, можно резюмировать следующим образом:

1. Исследование регенеративной газовой горелки HRS показывает, что даже при температуре воздуха, поступающего в камеру сгорания выше 930° С, сохраняются пределы выбросов NO_x ниже 70 ppm для сжиженного нефтяного газа и 50 ppm для сжиженного природного газа.

2. Простое разделение потока газа в режимах F1 и F2, показанное здесь как технически простое, особенно в небольших печах, оборудованных рекуператорами, может снизить выброс NO_x более чем в три раза. Кроме того, низкая стоимость модернизации делает этот метод привлекательным для существующих печей.

3. Лабораторные исследования полупромышленной газовой горелки (SIGB) показывают, что при температуре предварительно нагретого воздуха до 600° С и температуре печи 1250° С можно снизить выбросы загрязняющих NO_x более чем в 3,5 раза.

4. Промышленное применение SIGB подтвердило, что по крайней мере 30%-е сокращение общих выбросов NO_x из печи достигается даже тогда, когда технология применяется только к высокотемпературной зоне печи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Szewczyk D., Björn Forsberg B. High-Cycle Regenerative Systems (HRS Burners) And High Temperature Air Combustion Technology (Hi-TAC) // European Industrial Application, International Symposium on New Domestic and Industrial Gas Technology. Poznan. 2006. Pp. 1–9.

2. Dobski T., Świdzki A., Ślefarski R., Kruszewski W., Jankowski R., Figas Z. An investigation of combustion of low caloric natural gases in highly preheated air technology // XIX International Symposium on Combustion Processes. Wisla. 2005. pp. 114-123.

3. Lille S., Dobski T., Blasiak W. Visualization of Fuel Jet in Conditions of Highly Preheated Air Combustion // Journal of Propulsion and Power. № 4(16). 2000. Pp. 596-600.

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. 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.

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.

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

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

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

ПРИМЕНЕНИЕ В БЫТУ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Использование солнечных установок позволяет уменьшить выбросы в окружающую среду на около 8 миллионов тон CO₂ в год. Фотоэнергетика потребляет на 98 % меньше воды на выработанный МВт, чем установки генерации энергии, которые работают на природном газе. Благодаря этому, а также низким производственным затратам и постоянному развитию технологий энергосбережения, доля фотоэлектрических систем увеличилась, что способствует улучшению общей картины, связанной с вопросом добычи электроэнергии. Государственная поддержка развития возобновляемой энергетики в целом, и солнечной в частности, во всем мире, создаёт привлекательные перспективы для разработки фотоэлектрических модулей [1,2].

Получение электрической энергии путём преобразования лучистой энергии Солнца осуществляется двумя способами:

– на тепловых (термодинамических) солнечных электростанциях, где солнечное излучение нагревает рабочее тело, и далее с помощью паровой турбины вырабатывает электроэнергию, как в обычной ТЭС;

– на фотоэлектрических станциях (ФЭС), где энергия солнечного излучения непосредственно преобразуется в электроэнергию фотоэлектрическими генераторами - солнечными батареями (СБ).

Фотоэлектрический способ выработки электроэнергии обладает множеством достоинств:

– используется возобновляемый источник энергии с нескончаемым ресурсом;

– прямой способ преобразования энергии, в котором не задействованы вращающиеся и движущиеся составляющие;

– обеспечивает высокую надёжность работы, не создаёт негативных воздействий на человека и окружающую среду;

– производство электроэнергии практически не сопровождается изменением климата, так как не вызывает эмиссии вредных газов и твёрдых частиц в атмосферу, не расходуется кислород и вода, не выделяется тепло, а следовательно - отсутствует тепловое загрязнение;

- простота монтажа станций и простота в обслуживании;
- незначительные траты на техническое обслуживание;
- при монтаже фотоэлектрических установок (ФЭУ) в городских условиях модули СБ могут встраиваться в стены и крыши;
- простота в управлении работой подключённых к электросетям ФЭС;
- Увеличение пропускной способности и снижение потерь благодаря распределению по местности ФЭС.

Главный недостаток всей солнечной энергетики - зависимость вырабатываемой энергии от времени суток, погоды и сезона [3].

Варианты использования солнечных батарей:

1. Резервная электростанция

При применении этого типа, речи об экономии не идет, т.к. подразумевается, что есть подключение к сети 220 Вольт, но есть вероятность отключения электричества.

Этот тип используется только при отключении света на время от нескольких часов до пары дней. На время, отключения электричества, самые необходимые электроприборы подключаются к инвертору, который берет энергию от аккумуляторов и солнечных батарей небольшой мощности (200-300 Вт).

Комплектация и стоимость резервной системы минимальна, но т.к. используется эта система крайне редко, то и электроэнергия от нее получается достаточно дорогой.

2. Автономная электростанция

При сроке полной окупаемости оборудования 20 лет, "стоимость электроэнергии" от автономной солнечной электростанции составит от 8 до 20 рублей за кВт·час в зависимости от комплектации системы и региона эксплуатации (если разделить стоимость оборудования на кол-во энергии, которое будет выработано за 20 лет). То есть, при текущей цене электроэнергии 4 руб./кВт·час, речи об экономии также не идет. Этот тип электростанции используется там, где нет подключения к сети и если сравнивать иными генераторами, то применение автономной солнечной электростанции выгоднее примерно в 2 раза. Кроме того, она абсолютно бесшумна и не требует постоянного подвоза топлива, заправки и частого техобслуживания.

При этом нужно отметить, что в широтах России зимой получать электроэнергию только от Солнца очень дорого по причине малого количества солнечных дней. Поэтому, при необходимости круглогодичной эксплуатации, система обязательно дополняется бензогенератором, который периодически используется при длительном отсутствии Солнца.

3. Гибридная электростанция

Гибридная солнечная электростанция — это та же автономная, но с постоянным подключением к сети 220 Вольт.

Гибридная электростанция работает следующим образом: при наличии энергии от солнечных батарей, вырабатываемая энергия имеет приоритет в использовании, а при ее недостатке задействуется сеть. При такой работе, аккумуляторы, входящие в состав оборудования, используются не постоянно, что значительно увеличивает их срок эксплуатации по сравнению с автономной системой, в которой их нужно будет менять один раз в пару лет.

При сроке полной окупаемости оборудования 20 лет, "стоимость электроэнергии" от гибридной солнечной электростанции составит от 6 до 15 рублей за кВт·час в зависимости от комплектации системы и региона эксплуатации. То есть, при росте тарифов, в регионах с большим количеством солнечных дней будет выгодно применять данный тип электростанций. Кроме того, используя гибридную электростанцию, происходит не только экономия в перспективе, но и при отключении света (сети), не останетесь без электричества.

4. Сетевая электростанция

При сроке полной окупаемости оборудования 20 лет, "стоимость электроэнергии" от сетевой солнечной электростанции составит от 4 до 8 рублей за кВт·час в зависимости от комплектации системы и региона эксплуатации.

Сетевая солнечная электростанция состоит всего из двух основных компонентов: сетевой инвертор и панели необходимой мощности (обычно от 500 Вт до 5 кВт).

Особенностью данного типа является то, что для работы обязательно необходимо наличие сетевого электричества, а также то, что электроэнергия вырабатывается только в светлое время суток. При отключении электричества, сетевой инвертор также отключается, т.е. не будет возможности использовать энергию от солнечных батарей в случае, если у отключат свет.

Этот тип электростанции не обеспечивает запас и применяется только для экономии на оплате электроэнергии, или для увеличения мощности при подключении к сети.

В данный момент существует ряд компаний, которые позволяют приобрести солнечные элементы, встроенные в жалюзи, с помощью которых можно производить электроэнергию в бытовых условиях.

Такие компании предоставляют интернет-ресурсы, где автоматически рассчитываются и предоставляются данные по:

– стоимости оборудования;

– количеству энергии, производимой конкретно разработанным комплексом солнечных элементов;

– сокращению выброса вредных веществ в атмосферу.

Предположим, что происходит установка данного оборудования на солнечную сторону здания, в количестве двух окон размерами 1760x1520 и 1300x1520. Вносим данные значения в специальные графы на сайте и ждём расчёт.

Данные для расчета количества вырабатываемой электроэнергии и времени окупаемости представлены в (таблице 1).

Таблица 1 – Данные по вырабатываемой электроэнергии

Размер	Примерная стоимость, руб	Производство электроэнергии, кВт·ч
1760x1520	97000	0,27
1300x1520	81000	0,2

При сроке полной окупаемости оборудования 20 лет, стоимость 1 кВт·ч будет составлять 4,5 руб., с учётом работы солнечного элемента в течение светового дня. Дороговизна оборудования компенсируется уменьшением вредных выбросов в окружающую среду, что в целом положительно на окружающую среду.

Для более эффективной выработки электроэнергии с помощью солнечного элемента можно обратиться к сайту «Renewables.ninja», который использует данные анализа окружающей среды от глобальных моделей и спутниковых наблюдений. Сайт позволяет рассчитывать объём производимой энергии для ветро- и солнечных электростанций, расположенных в любой точке координат.

По данным, которые мы получаем на указанном интернет-ресурсе, можно судить, что выработка солнечной энергии для Белгородской области оптимальна при угле наклона солнечной панели в 35°, а азимуте 180° [4, 5].

Энергетика идет по пути комплексного развития. Ориентироваться на один вид энергии нельзя. Энергетика может быть стабильной и надежной тогда, когда она использует различные источники энергии. Нет смысла прекращать использовать производство по выработке электроэнергии, работающие на традиционном топливе.

Также, по примеру Чернобыльской АЭС, в будущем, на территории законсервированных АЭС можно размещать поля с солнечными панелями для добычи электроэнергии, так как обширная территория около законсервированной станции, например, территория осушенногпруда-охладителя, после выведения её из эксплуатации, не будут использоваться. В дополнении, на территории атомной станции

уже находится подстанция, которую после переоборудования можно использовать и дальше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гринь, Г.И., Панчева А.М., Адаменко С.Ю. Фотоэлектрические характеристики элементов на основе сульфида кадмия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 155-158.

2. Поляков, В.А., Бегдай С.Н. Солнечный коллектор в системах энергосбережения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 151-154.

3. Оршанский И.С. Фотоэнергетика: достоинства, недостатки, направления развития // Энергия: экономика, техника, экология. 2013. № 8. С. 13-19.

4. 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.

5. Тарасюк, П.Н., Трубаев П.А. Эффективность солнечных водонагревательных установок в условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 416-420.

УДК 504.054

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

Научный руководитель: Тихомирова Т.И., доц.

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

ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ

Энергопотребление – неотъемлемый атрибут жизни человека на протяжении всей истории его существования, от племенных костров до атомных электростанций. За счет развития способов преобразования и использования энергии человечество существенно улучшило качество и значительно повысило среднюю продолжительность жизни. Основным толчком к развитию отраслей промышленности также была энергетика. Однако, несмотря на все преимущества, которые предоставила нам развитая энергетика, в ней заключена серьезная угроза - пагубное воздействие на человека и окружающую среду. С

возрастающим потреблением энергоресурсов эта угроза лишь прогрессирует. Поэтому необходимо подробнее рассмотреть основополагающие проблемы взаимодействия энергетики и экологии, а также попробовать посмотреть, существует ли оптимальный выход из данной ситуации.

“Львиная” доля всей энергии вырабатывается на тепловых электростанциях (ТЭС), гидроэлектростанциях (ГЭС) и атомных электростанциях (АЭС) в порядке процентной выработки от всей существующей.

Перечисленные виды ЭС в сумме вырабатывают около 96% электрической энергии в большинстве всех стран мира [1].

Основные воздействия энергетики на окружающую среду заключаются в нижеперечисленном [2]:

1. Основная доля вырабатываемой энергии производится за счет использования невозобновляемых энергоресурсов.

2. Загрязнение атмосферы за счет выбросов в нее газов, пыли и золы, а также вследствие повышения концентрации парниковых газов.

3. При производстве энергии, при транспортировке энергоносителей и захоронении отходов происходит загрязнение литосферы.

4. Из-за сбросов охлаждающей воды в водоемы и выбросов загрязняющих веществ происходит загрязнение гидросферы.

5. Происходит загрязнение окружающей среды токсичными и радиоактивными отходами.

6. Изменяется гидрологический режим рек в виду работы ГЭС.

7. Вокруг линий электропередач возникают электромагнитные излучения.

1. Тепловые электростанции

Доля электрической энергии, которая производится на ТЭС, составляет более 50%. В качестве топлива на ТЭС в основном используют уголь, газ, мазут, сланцы. Такие виды топлива относят к невозобновляемым ресурсам.

Также для эффективной и бесперебойной работы ТЭС требуется огромное количество воды, например, ТЭС мощностью 2 млн. кВт в сутки требует 20 тыс. тонн угля, 2,6 тыс. тонн мазута и 160 тыс. м³ воды. На конденсацию отработавшего пара на ТЭС каждые сутки потребляется примерно 7 млн. м³ воды, вследствие чего происходит тепловое загрязнение водоема.

Тепловые электростанции вносят значительный вклад в токсическое и радиационное загрязнение окружающей среды. Вызвано это тем, что уголь содержит в себе микропримеси радиоактивных

элементов и ряда токсичных веществ в существенно больших концентрациях, чем почва [3].

К тому же имеет место появление новых пагубных эффектов, к примеру, вследствие превышения объемов сжигания кислорода над объемом его образования за счет фотосинтеза растений на рассматриваемой территории. [4].

2. Гидроэлектростанции

Строительство гидроэлектростанций влечет за собой разнообразные проблемы с экологией. Водоохранилища, которые требуются для обеспечения бесперебойной работы гидроэлектростанций, вызывают затопление территорий выше по течению, что несет за собой изменение климата на данной территории, а также нарушение ареалов обитания флоры и фауны, а также они сами по себе становятся естественными накопителями загрязнений, которые впоследствии периодически сбрасываются вниз по течению.

В водоохранилищах форсируются процессы эвтрофикации, что за собой влечет серьезные ухудшения качества воды и нарушение функционирования экосистем.

3. Атомные электростанции

Объем загрязнения атмосферы атомными станциями существенно ниже чем у ТЭС. Величина радиоактивного загрязнения, образующегося во время эксплуатации атомных электростанций, невелико вследствие использования многоконтурной системы теплообмена. На протяжении большого промежутка времени АЭС считали, как наиболее чистый тип электростанций и как потенциальная замена тепловым электростанциям, в виду экономичности и меньшего количества выбросов в окружающую среду. Однако до сих пор остро стоит вопрос о безопасности при эксплуатации реакторов на атомных электростанциях.

Все виды реакторов несут в себе потенциальную угрозу глобальной экологической катастрофы, подобно той, что произошли на Чернобыльской атомной электростанции и на атомной станции Фукусима-1, посеявшей зерно сомнения безопасности АЭС. Такие аварии могут возникнуть из-за ошибок, при конструировании агрегатов, по вине рабочего персонала, в результате природных катастроф (землетрясение, цунами) или из-за возможных терактов. Механизм внутренней самозащищённости активной зоны реактора при возникновении аварии с расплавлением активной зоны должен быть неотъемлемым условием при разработке реакторов.

Технология ядерной энергетики характеризуется высокой наукоемкостью и сложностью. Понадобились годы теоретических

исследований и опыт практической эксплуатации, чтобы получить понимание о существовании возможных видов аварий. Вопросы в области безопасности никогда не будут заблаговременно разрешены до конца. Значительная их часть будет обнаружено только во время эксплуатации новых реакторов.

Еще одной значительной проблемой использования атомных электростанций является уменьшение эмиссии диоксида углерода. Принято считать, что вытеснение тепловых электростанций атомными поможет в решении вопроса уменьшения выбросов диоксида углерода, одного из основных парниковых газов, ведущего к потеплению климата на земле. Однако, на самом деле, электрические станции с комбинированным циклом на природном газе не только значительно более экономичны, чем атомные, но и при одинаковых расходах получается гораздо большее уменьшение выбросов диоксида углерода, чем при использовании атомной энергии с учетом полного топливного цикла (энергопотребление в процессе добычи и обогащения урана, изготовление ядерного топлива и других расходов).

Считается, что решить возникшие экологические проблемы в энергетической отрасли способно развитие более экологически чистых типов производств, основанных на возобновляемых источниках энергии (солнечные, ветровые, волновые, геотермальные и т.д.). Модульные станции на природном газе с использованием топливных элементов, утилизация сбросного тепла и отработанного пара, как и многое другое – действенные методы защиты экологического состояния земли. Но следует сказать, что на сегодняшний день развитие альтернативной энергетики находится на сравнительно низком уровне (возобновляемые источники дают не более 20 % общемирового потребления энергии), так как реализация потенциала этого направления сильно зависит от экономики и от научно-технического прогресса в данной области [5].

Исходя из представленной информации можно сказать, что традиционные источники энергии при текущих объемах выработки и потребления представляют значительную угрозу экологической обстановке на земле, а также непосредственно здоровью человека. И чем быстрее будет происходить развитие альтернативной энергетики, тем выше шанс на сохранение жизненно необходимой экологической обстановки на планете. А значит, нужно как можно чаще и на самых различных уровнях поднимать эти вопросы, чтобы большее число людей понимало масштаб проблемы и могло быть задействовано в процессах решения этих проблем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хорошун Н.А., Шамаева О.П. Глобальные экологические проблемы и популяризация экологических знаний // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 245-249.
2. Козлов А.И., Полуянов В.П. Влияние производственной деятельности на экологию окружающей среды // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 118-123.
3. Тихомирова Т.И., Хомутов С.А. Влияние вредных выбросов ТЭЦ на атмосферу // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования. Всероссийская научная конференция. 2019 (Белгород, 14-18 окт. 2019 г.). Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. С. 282-286.
4. Вериженко А.Ю., Моисеенко О.П., Тихомирова Т.И. Влияние тепловых энергетических станций и котельных на окружающую среду // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 1. С. 115-119.
5. Гутников В.А. Экологическая безопасность энергетики экономически развитых стран // Градостроительство. 2014. № 5 (33). С. 6-15.

УДК 621.3.051

Назаренко Р.С.

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

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЕЭС РОССИИ

Электроэнергия, один из самых важных видов энергии, играет огромную роль в современном мире. Она является стержнем экономик государств, определяя их положение на международной арене и уровень развития. Огромные суммы денег вкладываются ежегодно в развитие научных отраслей, связанных с электроэнергией. Электроэнергия является неотъемлемой частью повседневной жизни, поэтому важно владеть информацией об особенностях её производства и использования [1].

Единая энергетическая система России (ЕЭС России) состоит из 69 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют 7 объединенных энергетических систем: Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада. Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220-500 кВ и выше и работают в синхронном режиме.

В электроэнергетический комплекс ЕЭС России (рисунок 1) входит около 700 электростанций мощностью свыше 5 МВт.

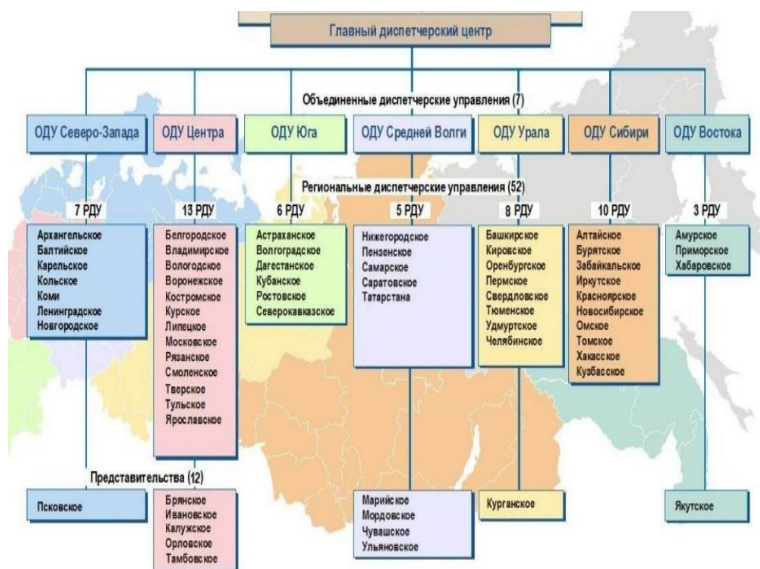


Рис. 1 Схема электроэнергетического комплекса ЕЭС России

Полученная электроэнергия должна быть сразу передана потребителю и использована. Её невозможно накопить в больших количествах и сохранить. В этом состоит сложность использования электроэнергии. В связи с тем, что территория России огромна (17 098 242 км²) [2], передавать электроэнергию приходится на большие расстояния (рисунок 2), а это чревато потерями.

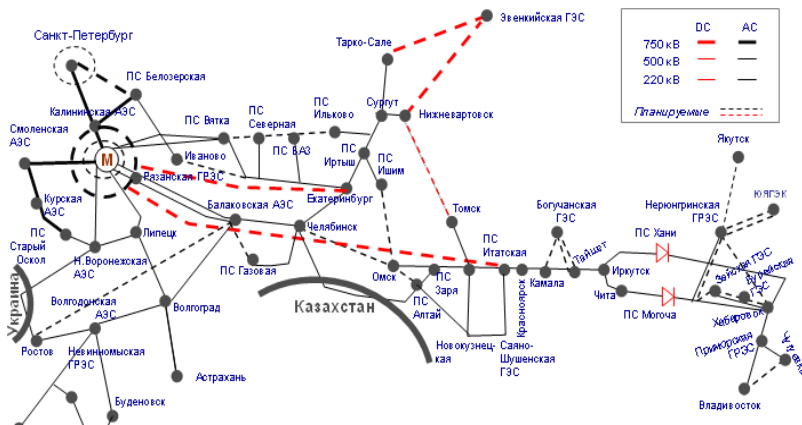


Рис. 2 Схема электросетей России

Передача электрической энергии от электростанций до больших городов или промышленных центров на расстояния тысяч километров является сложной научно-технической проблемой.

Линии электропередачи представляют собой металлический проводник, по которому проходит электрический ток. Прохождение тока по металлическому проводнику сопровождается нагреванием этого проводника. Часть электроэнергии переходит в тепловую, которая идёт на нагревание воздуха. Используя закон Джоуля - Ленца, можно рассчитать тепловую энергию, которую выделяет проводник с током [3].

Запишем закон Джоуля – Ленца:

$$Q = I^2 R t \quad (1)$$

Из закона видно, что Q пропорционально R (сопротивления провода) и I^2 (квадрату силы тока).

Рассмотрим два способа уменьшения потерь электроэнергии:

- уменьшение сопротивления провода;
- уменьшение силы тока в проводе.

Запишем формулу для расчета сопротивления

$$R = \rho l / S \quad (2)$$

где ρ – удельное сопротивление металла, из которого изготовлен проводник, l – длина проводника, S – площадь поперечного сечения проводника.

Сопротивление провода зависит от нескольких величин: удельного сопротивления материала, длины провода, площади поперечного сечения провода, и, даже от температуры окружающей среды.

Провода ЛЭП выполнены из алюминия ($\rho = 0,028$ Ом мм²/м). Есть металлы, удельное сопротивление которых меньше, значит меньше и их сопротивление, следовательно, провода будут нагреваться меньше и меньше будут потери электроэнергии. Это медь ($\rho=0,017$ Ом мм²/м) и серебро ($\rho=0,016$ Ом мм²/м), но эти металлы очень дорогие и использовать их экономически не выгодно [4]. Можно увеличить площадь поперечного сечения. В настоящее время используются ЛЭП с площадью поперечного сечения от 35 мм до 70 мм. Из формулы для (2) видно, что при уменьшении площади сопротивление уменьшится. Это и нужно для уменьшения потерь энергии. Но очевидно, что увеличится расход алюминия. Это тоже экономически не выгодно. Кроме этого, увеличится нагрузка на опоры, а это дополнительные расходы.

Таким образом, алюминиевые провода с указанной выше площадью поперечного сечения на сегодняшний день – это оптимальный вариант.

Второй способ уменьшения потерь энергии – уменьшение силы тока в проводах.

В этом случае потери энергии на нагрев снижают путем уменьшения тока в линии.

$$P = I \cdot U \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что мощность тока пропорциональна произведению силы тока на напряжение, т. е. при уменьшении силы тока уменьшится передаваемая мощность и до потребителя дойдёт ток малой мощности.

Для сохранения передаваемой мощности требуется повысить напряжение в линии электропередачи [5]. Чем длиннее линия передачи, тем выгоднее использовать более высокое напряжение. Поэтому на крупных электростанциях ставят повышающие трансформаторы, а при подаче тока потребителю понижающий трансформатор.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов В.А., Рощубкин П.В., Сингатулин Р.С. Основные показатели качества электроэнергии. Применение вольтодобавочных трансформаторов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2013. № 6. С. 204-207.

2. Дубенко Ю.В., Дышкант Е.Е. Интеллектуальная система контроля и прогнозирования потерь электроэнергии // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 131–135.

3. Бакалин Ю.И., Мухин Н.П., Виноглядов В.Н. Сдерживающие факторы в организации энергосбережения и вопросы получения реальной энергоэффективности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2013. № 2. С. 185–187.

4. Аль Зухаири А.М., Нестеров М.Н., Виноградов А.А. Использование конденсаторных установок и батарей в распределительной сети // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2014. № 6. С. 205-209.

5. Строкова В.В., Фанина Е.А., Кальчев Д.Н. Электропроводность и агрегация углеродных нанотрубок в гетерогенной системе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 140-144.

УДК 504.054

Назаренко Р.С.

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

СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ЗА СЧЁТ СИСТЕМ ЕГО УЛАВЛИВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ

Улавливание и хранение углерода (УХУ) рассматривается как одна из ведущих технологий смягчения последствий, способных способствовать сокращению выбросов CO_2 , производимых энергетическим сектором. Улавливание и хранение углерода также является единственной технологией, способной снизить значительную часть выбросов CO_2 на промышленных предприятиях, когда модификация процесса или материала невозможна. Улавливание и хранение углерода включено во все будущие сценарии устойчивого развития, ограничивающие глобальное потепление до 2°C [1]. Несмотря на то, что крупномасштабное внедрение улавливание и хранение углерода кажется необходимым для достижения текущих целей в области изменения климата, отсутствие нормативно-правовой базы и CO_2 инфраструктура, общественное признание и, что, вероятно, более

важно, отсутствие финансовых стимулов для инвестиций в УХУ препятствуют его разветвлению. Высокая стоимость УХУ, при которой стоимость улавливания является основным фактором, делает инвестиции в УХУ финансово невозможными без политической поддержки.

Самая зрелая из всех существующих технологий улавливания, улавливание углерода путем химического поглощения, является одним из наиболее технически жизнеспособных вариантов улавливания углерода для краткосрочной реализации, поскольку его можно модернизировать на существующих промышленных объектах (Рис.1.) [2]. Однако высокие энергетические издержки процесса и угрозы безопасности, связанные с большими объемами растворителя в системе, препятствуют фактическому внедрению технологии и мотивируют идентификацию различных конструкций процесса и растворителей, чтобы сделать Уху привлекательным для промышленного применения. Основная цель модификаций процесса и новых альтернатив растворителям - снизить энергетические потери процесса улавливания без негативных последствий для здоровья людей и окружающей среды. Предлагаются различные конфигурации технологического процесса, включая, помимо прочего, промежуточное охлаждение или промежуточное охлаждение абсорбер, модификация разделенного потока, добавление тепловых насосов и альтернативные конструкции отпарной колонны. Большинство исследований сообщают о диапазоне от 10 до 30% снижения нагрузки ребойлера, в то время как максимальное зарегистрированное сокращение достигает 50% в идеальных условиях моделирования. Новые альтернативы растворителям могут еще больше улучшить энергопотребление процесса, наряду с повышением безопасности процесса.

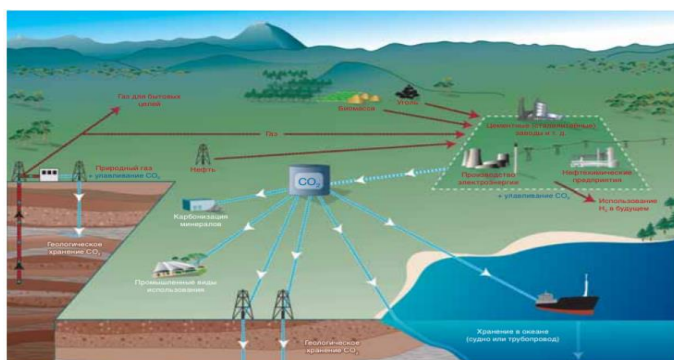


Рис. 1 Схематическая диаграмма возможных систем УХУ

Класс растворителей, демонстрирующих фазовый переход жидкость-жидкость или жидкость-твердое вещество, обещает значительное снижение энергии из-за явления разделения фаз, вызванного изменением температуры или / или реакцией с CO_2 . Фазы образующихся CO_2 -богатых и CO_2 -обедненных фаз. Часть, очищенная от CO_2 , может быть отделена и возвращена в абсорбер, таким образом уменьшая нагрузку на отпарную колонну и уменьшая количество энергии, необходимой для регенерации растворителя [3]. Растворители, приводящие к разделению жидкой и твердой фаз, могут потребовать разработки новых процессов, поскольку они могут создавать такие проблемы, как засорение стандартных систем абсорбции / десорбции. В то же время растворители с фазовым переходом жидкость-жидкость могут быть легко включены в существующие системы улавливания путем добавления стадии механического разделения. Это может быть причиной того, что большинство описанных улавливающих растворов CO_2 с фазовым переходом представляют собой растворители, демонстрирующие разделение фаз жидкость-жидкость.

На сегодняшний день различные неводные и водные растворители, демонстрирующие фазовый переход, были испытаны на улавливание CO_2 . Водные растворители с фазовым переходом обычно включают смеси аминов и растворов солей аминокислот [4]. Вода в неводных растворителях заменяется органическими солюбилизаторами или ионными жидкостями, демонстрируя выгодные характеристики с точки зрения теплоемкости, поглощения тепла и тепла отгонки. Однако практическое применение альтернативных неводных растворителей может быть затруднено из-за наличия воды в дымовых газах, что требует дорогостоящих мер по управлению водными ресурсами. Таким образом, процессы улавливания CO_2 с помощью неводного растворителя с фазовым переходом не были должным образом оценены, в то время как некоторые водные растворители с фазовым переходом достигли уровня технологической готовности.

Также было обнаружено, что разделение фаз можно оптимизировать путем введения инертных органических расщепляющих агентов (например, сульфолана, 1-метил-2-пирролидинона), улучшающих характеристики разделения и, таким образом, снижая тепловую нагрузку. Сообщается, что процессы улавливания, использующие смеси растворителей с фазовым переходом, сокращают потребление энергии более чем на 30% по сравнению с моноэтаноломином. Исследования новых альтернативных растворителей с фазовым переходом и схем процессов с существенно сниженным энергопотреблением и затратами, чтобы обеспечить

продвижение этой многообещающей технологии и ее продвижение на более высокий уровень технологической готовности, все еще продолжаются.

Благоприятные свойства растворителей с фазовым переходом в отношении снижения энергии широко исследовались; однако мало внимания уделялось аспектам окружающей среды, здоровья и безопасности этих материалов и процессов [5]. В последние годы большое внимание уделяется неблагоприятному воздействию систем очистки на основе аминов на здоровье и окружающую среду. Сообщалось о 10-кратном увеличении токсичности пресной воды в результате выбросов из системы улавливания моноэтаноламина, подчеркнув важность оценки медицинских и экологических аспектов технологий очистки в дополнение к затратам и потенциалу глобального потепления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шмельков В.В., Цейтлин М.А., Райко В.Ф. Расчет параметров газожидкостного равновесия в системе $\text{NH}_3 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 149-152.

2. Экологическая безопасность наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, С.Н. Головин, Е.Г. Боровик // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 16-20.

3. Использование промышленных отходов для охраны воздушного бассейна / А.А. Черных, Е.А. Кожанова, Ю.Е. Токач, Ю.К. Рубанов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 165-168.

4. Грищук, М. Е. Загрязнения атмосферного воздуха и расчет объемов выброса вредных веществ / М.Е. Грищук, О.А. Круглов, В.П. Полуянов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 1. С. 89-92.

5. Местная вытяжная вентиляция с эжектированием взрывоопасных веществ и рециркуляцией очищенного воздуха / А.В. Шашин, Р.А. Шепс, А.С. Семенов, В. А. Минко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2021. № 2. С. 38–48.

Назаренко Р.С.

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

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ КАК ОДИН ИЗ ИСТОЧНИКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МАТЕРИАЛАХ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

Солнечная энергия — это эффективный и недорогой источник энергии для нагрева воды для бытовых нужд. Он не всегда доступен, когда есть потребность в горячей воде, например, вечером. Система аккумулирования тепловой энергии (САТЭ) необходима для хранения солнечной энергии и последующего высвобождения ее для нагрева воды. Основываясь на выбранных материалах для аккумулирования энергии, систему аккумулирования тепловой энергии обычно можно разделить на три группы: аккумулирование явного тепла, аккумулирование скрытой теплоты и аккумулирование теплехимической энергии. Материалы с фазовым переходом (МФП), используемые в системе аккумулирования скрытой теплоты, представляют собой материалы, которые могут поглощать или выделять большое количество энергии в узком температурном диапазоне во время процесса фазового перехода [1]. Благодаря этой особенности МФП широко используются в САТЭ, тепловом управлении здания, для энергосбережения и комфорта в помещении.

По химическому составу МФП можно разделить на две категории: неорганические МФП (например, соли и металлы) и органические МФП (например, парафин и жирные кислоты). По сравнению с неорганическими МФП, органические МФП более стабильны, нетоксичны и не вызывают коррозии. Однако большинство органических МФП имеют теплопроводность от 0,2 до 0,4 Вт · м⁻¹ · К⁻¹. Эта изначально низкая теплопроводность ограничивает скорость теплопередачи между МФП и поставщиком / пользователем тепла и приводит к высокому градиенту температуры в МФП [2]. Следовательно, система накопления энергии не может в полной мере использовать большую скрытую теплоту МФП. Чтобы преодолеть этот недостаток, были предложены различные методы термического улучшения, такие как использование добавок с высокой проводимостью, использование пористой среды, и увеличивая площадь теплопередачи.

Рассмотрен ряд свойств (теплопроводность, скрытая теплота, плотность и вязкость) МФП, которые были термически усилены наночастицами. Наночастицы с высокой проводимостью, такие как металл, оксид металла и углеродные нанотрубки, равномерно диспергированы в объемном МФП в качестве усилителей тепла. Из-за неоднородности наночастиц добавки не могут эффективно формировать сеть теплопередачи. Улучшение эффективной теплопроводности сдерживается простым увеличением содержания наночастиц. Кроме того, высокое содержание наночастиц может привести к агломерации / осаждению частиц и увеличению вязкости жидкого МФП. Скорость увеличения содержания частиц была низкой при более высокой концентрации частиц из-за агломерации частиц. Сплошная пористая среда является альтернативой, которая улучшает эффективную теплопроводность МФП. Расширенный графит (РГ) и металлическая пена, например, были пропитаны МФП для повышения теплопроводности из-за преимуществ высокой удельной поверхности, малого веса и высокой теплопроводности.

Вставка ребер в МФП также может увеличить скорость теплопередачи из-за увеличенной площади теплопередачи. Юссеф в [3] экспериментально и численно исследовали теплообменник МФП со спиральными трубками. Теплопередача в МФП была улучшена за счет спиральных проводов, действующих как ребра, но конструкция устройства относительно сложна. Мюррей и Граул [4], изучили двухтрубную систему накопления тепловой энергии с ребрами жесткости. Скорость теплопередачи все еще сдерживалась плохой проводимостью МФП даже с четырьмя прямыми ребрами на каждой трубе. Использование ребер в качестве удлиненной поверхности для улучшения теплопередачи в МФП является неэффективным решением, когда количество ребер ограничено. Увеличение количества ребер может создать другие проблемы, такие как повышение сложности системы, снижение емкости накопителя энергии и увеличение веса системы хранения.

Помимо повышения скорости теплопередачи в МФП за счет включения тепловых усилителей (наночастиц, пористых сред и ребер), оптимизация конструкции структуры системы аккумуляции энергии может еще больше улучшить характеристики аккумуляции энергии. Язчи и другие. [5] Увеличили верхнее пространство для естественной конвекции жидкого МФП в кожухотрубном накопителе за счет опускания места расположения трубки от центра кожуха. Затем естественная конвекция МФП усилилась в большем пространстве, что ускорило процесс плавления. Естественная конвекция и

теплопроводность по отдельности являются доминирующими факторами в процессах плавления и затвердевания. Из-за смещения доминирующего фактора оптимальная конструкция блока улучшения, удовлетворяющая как процессу плавления, так и процессу затвердевания, по-прежнему является проблемой в системе хранения тепловой энергии.

При применении объемных МФП в процессе фазового перехода можно было наблюдать объемное расширение. Утечка МФП, вызванная изменением объема, может в дальнейшем привести к потере объема накопителя энергии и повреждению системы. Поэтому для защиты МФП применяется метод микрокапсулирования. Микрокапсулированный МФП (ММФП) представляет собой композит, в котором материал ядра (МФП) покрыт материалом оболочки (полимером и неорганическим материалом). ММФП обычно имеет вид порошка из-за своего размера в диапазоне от нескольких микрометров до более чем сотен микрометров. Структура ядро-оболочка ММФП имеет такие преимущества, как большая удельная поверхность и лучшая устойчивость к изменению объема за счет покрытия, и он может быть добавлен в другие материалы в определенных пропорциях или изготовлен в желаемых формах для соответствия различным сценариям применения.

Суспензия ММФП представляет собой смесь частиц ММФП и их жидкости-носителя, которую можно использовать в качестве теплоносителя или среды для хранения энергии. Дельгадо и др. [6] изучали влияние суспензии ММФП в качестве теплоносителя в ламинарном потоке. Исследование показало, что коэффициент конвективной теплопередачи был улучшен примерно на 25% по сравнению с чистой водой. Низкая концентрация ММФП имеет ограниченный эффект. Повышение концентрации ММФП может привести к серьезной проблеме отложений. Кроме того, частицы могут растрескаться из-за механического повреждения, когда суспензия приводится в движение насосом или перемешивается для удаления осадка.

В строительстве ММФП обычно добавляются в строительные материалы для увеличения тепловой инерции здания с целью экономии энергии [7, 8] или терморегулирования, а не для хранения тепловой энергии. Лай и Хокой [9] экспериментально исследовали алюминиевую сотовую стеновую панель, включающую ММФП. Результаты показали, что МФП в настенной панели лучше справляется с контролем температуры поверхности. С помощью скрытой теплоты температура

обратной стороны пластины хорошо контролировалась по сравнению с традиционным теплоизоляционным материалом.

Несмотря на упомянутые выше преимущества ММФП, низкая теплопроводность по-прежнему ограничивает применение ММФП в качестве основного носителя данных в эффективной системе хранения энергии. Характеристики термического отклика ряда композитов ММФП экспериментально проанализированы при постоянной мощности нагрева. Базовый композит без термического улучшения показал плохие характеристики теплопередачи с продолжительностью фазового перехода более 14000 с и максимальной разницей температур более 100°C между внутренней / внешней поверхностями. Если композит ММФП используется для накопления солнечной энергии, тепловое усиление необходимо для повышения эффективности теплопередачи. Установлено, что продолжительность процесса фазового перехода сокращается примерно до 2000 с после добавления 20 мас. % Углеродного волокна в композит с той же долей МФП. Разница температур даже снизилась до менее 5 °С. Это показало большой потенциал для приложений хранения солнечной энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Якупова Н.А. Исследование солнечной энергии. Потенциал солнечной энергии // Студенческий. 2020. № 27-2(113). С. 15-17.
2. Патент № 2464584 С2 Российская Федерация, МПК G01R 31/26. Солнечный преобразователь и электростанция для преобразования солнечной энергии в электрическую энергию / С. Дзанарини, Р. Моричи; заявитель ЭЛЕТТРОНИКА САНТЕРНО С.П.А.: № 2009117831/28; заявл. 11.10.2007; опублик. 20.10.2012/
3. Юсеф В. Разработка моделирования и экспериментальная проверка теплообменника из материала с фазовым переходом (МФП) со спиральными трубками // Преобразование энергии и управление. 2018. № 157. С. 498-510. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.036>.
4. Мюррей Р. Э., Граулкс Д. Экспериментальное исследование фазового перехода и энергетических характеристик внутри цилиндрической системы накопления скрытой тепловой энергии: Часть 1, последовательная зарядка и разрядка // Возобновляемая энергия. 2014. №62. С. 571 – 581, 10.1016 / j.renene.2013.08.007
5. Effect of eccentricity on melting behavior of paraffin in a horizontal tube-in-shell storage unit: An experimental study / M.Y. Yazici, M. Avci, O. Aydin, M. Akgun // Sol Energy. 2014. № 101. P. 291-298. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.01.007>

6. Experimental analysis of a microencapsulated PCM slurry as thermal storage system and as heat transfer fluid in laminar flow / M. Delgado, A. Lázaro, J. Mazo, J.M. Marin, B. Zalba // Appl. Therm. Eng. 2012. № 36. P. 370-377. 10.1016/j.applthermaleng.2011.10.050

7. 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.

8. 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.

9. C. Lai, S. Hokoï. Thermal performance of an aluminum honeycomb wallboard incorporating microencapsulated PCM // Energy Buildings. 2014. № 73. P. 37-47. 10.1016/j.enbuild.2014.01.017

УДК 666.94:621.926

Найденкова А.А.

Научный руководитель: Лепешкина М.А., асс.

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

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Энергия и её эффективное использование превратились в важнейшие факторы выживания и развития цивилизации. Исключительная важность для современной цивилизации удовлетворения ее потребностей в энергии нашла отражение в ведении в обиход такой характеристики, как энергетическая безопасность, которая является одним из важных элементов национальной безопасности страны. Инновационное развитие российской экономики на основе новой техники и технологий будет предъявлять все более жёсткие требования к качеству электроэнергии в надёжности эффективности энергоснабжения. На данный момент нехватка доступных по стоимости энергетических ресурсов и опасные техногенные изменение среды обитания, эксперты называют в числе самых крупных проблем, определяющих настоящее и будущее цивилизации Земли. Техногенные аварии на энергетических объектах вследствие их огромных масштабов и мощности стали приобретать черты техногенных катастроф [2].

Наверное, одна из самых важных и глобальных проблем мировой энергетики заключается в том, что с каждым годом увеличивается потребление энергии человечеством. Это связано с двумя факторами.

Первый фактор заключается в том, что людей на земле становится больше с каждым днем. Количество жителей нашей планеты увеличивается, а это значит, что мы потребляем энергии больше и больше. Но есть еще более важный фактор. Он гласит о том, что каждый человек потребляет огромное количество энергии, желая жить в более комфортных условиях. Сегодня мы с вами не можем представить свою жизнь без разных гаджетов, без электричества, транспорта. Все это приводит к тому, что на все эти устройства требуется энергия, ее нужно где-то вырабатывать, и общее количество потребляемой человеком энергии постоянно увеличивается [1].

Следующая проблема специфична для нашей страны. Она заключается в том, что наша страна, обладая большой территорией, имеет очень много различных потребителей: деревень, поселков и даже городов, которые не связаны друг с другом электрическими сетями. Это отдельные, так называемые автономные потребители, которые расположены в зоне децентрализованного энергоснабжения. Там потребители не подключены к энергосистеме, но люди, которые там живут, так же, как и все мы хотят пользоваться электрической энергией для своих гаджетов, для бытовой техники и так далее. Чаще всего такие поселения обеспечиваются энергией за счет дизельных электростанций, где сжигается дизельное топливо и вырабатывается электроэнергия. А данное топливо дорогое, кроме того его туда нужно доставить, поэтому электроэнергия получается очень дорогой. И вот эту вот высокую стоимость электроэнергии необходимо снизить [2-4].

Существует еще одна проблема общей мировой энергетики, о которой говорят все. Это проблема воздействия традиционной энергетики тепловых атомных электростанций на климат. При сжигании углеводородного топлива, например, на тепловых электростанциях в атмосферу попадает очень много вредных веществ, прежде всего разнообразных парниковых газов, которые приводят к изменению климата. Это приводит к дестабилизации, к разбалансировке климатической системы, а это значит, что у нас на планете появляется большое количество опасных метеорологических явлений таких как засухи, наводнения, тайфуны, ураганы, холодное лето или наоборот теплая зима. Это все является опасными гидрометеорологическими явлениями. Еще одна опасность изменения климата связана с тем, что с изменением температурных режимов, изменяются места обитания разных растений и животных, и они могут пропадать. В последние годы отмечается риск неспецифичных для разных областей земли заболеваний, потому что меняются температуры, меняется среда обитания, и вирусы свободно распространяются на большие территории.

Около половины выбросов парниковых газов приходится на энергетику. Почти все электростанции работают на углеводородном топливе и выбрасывают вредные вещества в атмосферу. Поэтому необходимо развивать технологии, которые позволят снизить спрос на углеводородное топливо и стабилизировать выбросы парниковых газов, иначе это может привести к катастрофическим последствиям для климата планеты, а по разным оценкам даже и к уничтожению человечества как вида [2-5].

В советской и российской энергетике традиционным способом повышения эффективности использования топлива и решения задачи теплоснабжения является одновременное получение электрической и тепловой энергии на ТЭЦ и ГРЭС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современные проблемы электроэнергетики: учебное пособие / В.Я. Ушаков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 447 с.

2. Бушуев В.В., Воропай Н.И., Мастепанов А.И. и др. Энергетическая безопасность России. – Новосибирск: Наука, 1998. – 302 с.

3. Ушаков В.Я. Современная и перспективная энергетика: технологические, социально-экономические и экологические аспекты. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 460 с.

4. Безруких П.П. Роль возобновляемой энергетики в энергосбережении в мире и России // Электрика. - 2004. - № 4. – С. 3-5.

5. Ковалева Е.В., Черникова А.М. Радиоэкологический мониторинг территории вблизи Новоронежской АЭС и ее влияние на окружающую среду урболандшафтов // Вектор ГеоНаук. 2021. Том4. № 1. С. 54-63.

УДК 621.31

Накисько Д.Д.

Научный руководитель: Погорелов А.В., ст. преп.

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

АСИММЕТРИЯ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ И СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В течение длительного времени основной заботой потребителей электроэнергии была непрерывность поставок, т.е. надежность. В

настоящее время потребители хотят не только надежности, но и качества. Во-первых, высококачественная энергия более эффективна. Оно позволяет оборудованию работать при оптимальном потреблении энергии. Это не только экономит ваши деньги на счетах за электричество, но и снижает общее потребление энергии и, следовательно, уменьшает углеродный след. Наиболее распространенными причинами, ухудшающими качество энергии, является асимметрия напряжения и тока. Асимметрия тока и напряжение – это явление, при котором в многофазной сети переменного тока амплитуды напряжений и токов и/или углы между ними не равны между собой.

Асимметрия напряжения и асимметрия тока - это два разных типа асимметрии в энергосистеме. Источник и природа этих асимметрий различны. Несимметрия напряжения возникает в результате структурной асимметрии генераторов (различия во внутренней конструкции), трансформаторов, линий передачи и распределения. Кроме того, несимметрия может быть вызвана падением напряжения на сопротивлении системы под действием несимметричных токов. В свою очередь, основным источником несимметрии токов является несимметрия нагрузки, вызванная однофазной нагрузкой в распределительной системе или неисправностью на стороне нагрузки. Асимметрия напряжения также может вызвать асимметрию тока питания. Это особенно заметно на токе асинхронных двигателей, питающихся асимметричным напряжением. Например, асимметрия напряжения питания в 1% может вызвать в несколько раз больший дисбаланс тока в асинхронных двигателях [1].

Согласно ссылке [3] влияние асимметрии напряжения на трехфазный асинхронный двигатель, работающий при номинальной нагрузке, приводит к увеличению потерь, повышению температуры обмоток, сокращению срока службы и снижению эффективности срока службы, и снижению КПД. Например, согласно ссылке. [3], 1% напряжения асимметрия увеличивает температуру обмоток двигателя с 1200 С до 1300 С, при этом потери составляют 33% от общих потерь и снижает КПД на 0,5%. Кроме того, срок службы обмоток сокращается с 20 лет до 10 лет. Также снижается КПД на 3-4%. При этих значениях срок службы еще больше сокращается до 1,25 лет.

Асимметрия тока означает, что в питающем токе возникает составляющая отрицательной последовательности ток. Такая составляющая способствует не передаче полезной энергии, а передаче энергии в виде тепла. Также снижается мощность трансформаторов и эффективность двигателей. Другими словами, ток отрицательной

последовательности увеличивает потери в кабелях, линиях передачи и распределения, трансформаторах и оборудовании. [4]. Можно утверждать, что асимметрия тока уменьшает эффективность и производительность. Следовательно, следует уделить особое внимание при выборе амплитуды тока в кабеле, она должна выбираться с учетом уровня тока отрицательной последовательности.

Другие негативные эффекты возникают при переходных асимметриях, в основном вызванных неисправностями в энергосистемах. Асимметрия переходных токов возникает из-за однофазных замыканий - замыканий линии на землю, замыканий между линиями и т.д. Это экстремальные уровни асимметрии тока, которые могут длиться всего несколько секунд, но могут привести к нестабильности и отказу системы, если их вовремя не устранить. Реле и автоматические выключатели устраняют ток повреждения до того, как он превысит номинальный ток, характерный для устройств и подключенного оборудования. Работа повторных замыкателей может вызвать переходную асимметрию, которая может привести к нежелательному срабатыванию реле. Это происходит потому, что уставка отрицательной последовательности была превышена из-за переходной асимметрии.

Существует несколько уровней и подходов к уменьшению асимметрии напряжения и тока. Асимметрия может быть ограничена или уменьшена путем:

Введения регулирования и стандартов в отношении:

1. Оборудования и конструкции линий электропередач.

Введение регулирования и стандартов в отношении оборудования и линий электропередач обеспечит систематический и экономически эффективный способ смягчения асимметрии в энергосистеме.

2. Принятие стандартов по допустимым уровням асимметрии тока и напряжения.

Если будут существовать стандарты, регулирующие уровень асимметрии тока и напряжения, на соответствующие организации могут быть наложены штрафы для снижения асимметрии. Например, штрафы могут быть наложены на коммунальные предприятия и потребителей за не поддержание асимметрии в пределах стандартных уровней.

3. Структурные модификации однофазных нагрузок - как со стороны коммунальных служб, так и со стороны потребителей.

Одной из основных целей асимметричного сокращения является использование наиболее эффективного метода сокращения с минимальными затратами. Структурная организация является одним из

таких экономически эффективных способов. Также за счет расположения фаз подключения между распределительными трансформаторами и первичным фидером, уровень асимметрии может быть уменьшен.

4. Однофазные регуляторы напряжения.

Однофазные регуляторы напряжения: Однофазные регуляторы используются для увеличения или уменьшения напряжения в каждой фазе трехфазной системы таким образом, что достигается симметрия. Однако их следует использовать осторожно, чтобы не допустить увеличения асимметрии.

5. Балансировочные компенсаторы.

Они могут быть выполнены в виде устройств с реактивным сопротивлением или в виде переключающих компенсаторы. Есть некоторые ситуации, в которых шунтирующие переключающие компенсаторы и реактивные устройства являются наилучшим методом смягчения. Шунтирующий компенсатор не только смягчает асимметрию, но и смягчает реактивный ток, гармоники и любые другие величины, которые ухудшают электроснабжение и нагрузку. величины, которые ухудшают качество питания и нагрузки. Также, если асимметрия тока вызвана в промышленной среде, где большие однофазные нагрузки с фиксированными параметрами не могут быть переконфигурированы, чтобы тогда можно использовать компенсатор балансировки реактивности.

Игнорирование несимметрии может привести к значительным, как электроэнергетическим, так и экономическим потерям, что делает данную проблему актуальной. Именно борьба с несимметрией может поспособствовать значительному повышению качества энергии, а, следовательно, и улучшению инфраструктуры энергетики в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.

2. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий / М. А. Авербух, В. А. Кузнецов, Д. Н. Коржов [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 5. – С. 203-207.

3. Annette von Jouanne, Senior Member, IEEE and Basudeb (Ben) Banerjee, Member, IEEE “Assessment of Voltage Unbalance” IEEE

4. Шаров, Ю.В. [Текст] Исследования взаимосвязи показателей качества электроэнергии и надежности электроснабжения / Ю.В. Шаров, И.И. Карташев, В.Н. Тульский, О.В. Большаков //2011. 10 с.

УДК 620.95

Напойкина А.В., Миниханова А.Р.

Научный руководитель: Зацаринная Ю.Н., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Биоэнергетика представляет собой производство энергии из любых животных и растительных отходов. Следовательно, энергию можно получить из любого сырья, которое предназначалось на выброс. Традиционные источники биомассы, такие как древесина, отходы животноводства и древесный уголь, широко используются в качестве биодизельного топлива и для выработки электроэнергии. Помимо этого, традиционные источники биомассы, такие как древесина, отходы животноводства и древесный уголь, широко используются для приготовления пищи и отопления, особенно в глубинах Сибири, где нет транспортных путей и доставка, и использование углеводородного топлива затруднительно. Высоким является потенциал развития производства биогаза, особенно в Южном, Приволжском и Центральном округах страны. Более современные формы включают жидкое биотопливо (производимое из источников биомассы, таких как культуры, богатые крахмалом или сахаром). К газообразным видам топлива, получаемым из биологической массы, относятся биогаз, биометан и биоводород. Биогаз получают из энергетических растений, птичьего помета, канализационных стоков, органических побочных продуктов. В основе производства биоводорода лежат биологические или химические процессы [1]. В лабораторных масштабах его получают путем анаэробного сбраживания. Из богатых энергией органических соединений бактерии синтезируют H_2 . В промышленных масштабах биоводород получают путем термохимической обработки (газификация или пиролиз) и паровогориформинга из: биомассы и других носителей биоэнергии.

Второй способ производства биотоплива — использование живой биомассы (цианобактерии, водоросли). [2]

TRL (или УГТ – уровень готовности технологии) для биоэнергетики: 6-7 (в зависимости от способа (материала) получения).

На данный момент лидерами, осваивающими и активно использующими биоэнергетику, являются западные страны; в частности, США и Бразилия [3], которые комбинируют биодизельное топливо с бензином, для постепенного вытеснения последнего с рынка; испытывающие острую нехватку собственных горючих полезных ископаемых (нефть, газ, уголь). С непостоянным скачкообразным ростом цен на нефть всё больше стран задумывается о том, на что заменить дизельное топливо и бензин. Тут на помощь пришел рапс и его масло; кукуруза, картофель и другие крахмалосодержащие сельскохозяйственные культуры. Однако Россия в силу большого запаса горючих полезных ископаемых еще не скоро задумается об этом, и до сих пор данная технология производства энергии является достаточно низшей. На 2019 год в России существовало всего около 20 заводов и фабрик, позиционирующие себя как производящие биотопливо. В настоящее время в России действуют несколько организаций, которые занимаются разработкой и созданием биогазовых установок. К данным организациям можно отнести следующие: ОАО «Региональный Центр Биотехнологий»; ЗАО «Центр «ЭкоРос» (г.Москва); АО «Стройтехника» - Тульский завод; ООО «ЭКОТЕХ-МОСКВА» совместно с ГНУ ВИЭСХ (Москва); ООО «Компания ЛМВ Ветроэнергетика» (г Хабаровск); ООО «Транс-фин» (г Рыбинск); АО «Стройтехника» и другие [4].

В основном в России налажено производство дров, топливных гранул и брикетов для собственных нужд, а большая часть произведенных пеллет (порядка 80%) идет на экспорт. Стоимость комплекта оборудования для биогазовых установок – от 2000000,00 рублей. Стоимость энергии в регионе с ТЭЦ на биотопливе от 3,7 рублей за киловатт*час. КПД установки 0,3(зависит от влажности топлива – чем больше влажность, тем ниже КПД), а КПД, например, пеллетных котлов 85-95%

Рассмотрим, какими преимуществами и недостатками обладает биотопливо.

– Недостатки биотоплива:

– Многие методы получения биотоплива все еще находятся в стадии разработки или прототипа. Практический опыт широкомасштабного применения всё ещё отсутствует.

– Согласно немецкому Институту им. Роберта Коха, биоводород обходится в 4-5,5 раз дороже, чем бензин.

– Выращивание энергетических культур может конкурировать с выращиванием продуктов питания. Увеличение спроса на альтернативные энергоносители считается одним из факторов, повлиявшим на возникновение кризиса цен на продовольствие в 2007-2008 годах.

– По своим физико-химическим свойствам биотопливо часто отличается от обычного, из-за чего приходится производить адаптацию двигателей.

– Преимущества биотоплива:

– При сжигании биотоплива, выделяется столько же CO₂, сколько растения поглощают из воздуха в период роста.

– Целенаправленное использование отечественного биотоплива в народном хозяйстве приводит к снижению потребления нефти и продуктов её переработки.

– Подготовка, транспортировка, хранение и использование биологических видов топлива не связаны с риском возникновения экологической катастрофы, поскольку они легко разлагаются и не наносят вреда воде и почве.

– Производство биотоплива помогает в утилизации отходов народного хозяйства.

– Однако помимо преимуществ и недостатков существуют ещё и угрозы, связанные с биоэнергетикой.

Угрозы:

1. Выращивание энергетических культур может конкурировать с выращиванием продуктов питания. Увеличение спроса на альтернативные энергоносители считается одним из факторов, повлиявшим на возникновение кризиса цен на продовольствие в 2007-2008 годах.

2. Отсутствие полноценной нормативно-правовой базы для данной технологии.

Согласно постановлению правительства РФ от 09.06.2020 №1523-р «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года», [5] планируется переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике и структурную диверсификацию, в рамках которой углеродная энергетика дополнится неуглеродной.

В соответствии с долгосрочным прогнозированием дорожной карты «Биоэнергетика в РФ» на 2019-2030 года от 22.04.2019, перспективными мировыми биоэнергетическими рынками с большой вероятностью могут быть признаны следующие:

- альтернативные самоторные биотоплива;
- тепло-анаэробная генерация на основе биомассы;
- высокоэффективные установки для энергетической утилизации отходов и получение топливных продуктов на основе биогаза и синтез-газа;
- новые биотопливные продукты на основе конвергентных исследований, природоподобные системы и технологии.

Таким образом, можно сделать вывод, что на данный момент развития биотопливной технологии требуются серьезные доработки и финансовых затрат для разработки более эффективных технологий производства топлива, его переработки в электрическую и тепловую энергию, а также для транспортировки топлива и его энергетических производных. Биотопливо является безвредным по воздействию на окружающую среду, а также одним из перспективных источников возобновляемой энергии, имеющих большое количество преимуществ перед традиционными видами топлива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Diwata Hunziker Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development: Guidelines for project developers/ IUCN, Gland, Switzerland and The Biodiversity Consultancy, Cambridge, UK. 2021 IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, p. 260 ISBN: 978-2-8317-2101-9 (PDF)

2. Н. Л. Солодова, Н. А. Терентьева НЕМНОГО О БИОТОПЛИВАХ, Промышленные технологии/ Вестник казанского технологического университета/ Солодова Н.Л., Терентьева Н.А., 2010., с.10

3. В.Ю. Линник, Ю.Н. Линник Состояние и перспективы развития биоэнергетики, Стратегии и инновации, Вестник университета, Промышленные технологии, 2019. DOI10.26425/1816-4277-2019-10-59-66

4. Е.Н. Кобякова Классификация и обзор существующих биогазовых установок/ Журнал Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков, Северо Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Якутск/ Кобякова Е.Н. 2014. с. 5

5. «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года» постановление Правительства РФ от 09.06.2020 №1523-р (дата обращения 16.05.2022)

б. Дорожная карта на 2019-2030 «Биоэнергетика в Российской Федерации», ТП «Биоэнергетика» - стратегическая программа исследования, г. Москва, 2019. с.28

УДК 539.17

Насибян А.А.

*Научный руководитель: Беловодская И.И., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

FUSION REACTOR

When hydrogen atoms fuse, nuclei must come together. However, protons in each nucleus will tend to repel each other because they have the same charge (positive). If you have ever tried to place two magnets together you could feel they push apart from each other, you have experienced this principle personally.

To achieve fusion, need to create special conditions to overcome this tendency. Here are some conditions that make fusion possible: High temperature gives hydrogen atoms enough energy to overcome electrical repulsion between protons.

– Fusion requires temperatures about 100 million Kelvin (approximately six times hotter than core of sun).

– Under these temperatures, hydrogen is state plasma, not gas. Plasma is high-energy matter state in which all electrons are stripped from atoms and move freely all around.

– The sun achieves these temperatures by its large mass and force of gravity compressing this mass in the core. We may use energy from microwaves, lasers and ion particles to achieve these temperatures.

– High pressure squeezes hydrogen atoms together. They must be within 1×10^{15} meters from each other to fuse.

– The sun uses its mass and gravity force to squeeze hydrogen atoms together in its core.

– We may squeeze hydrogen atoms together by using intense magnetic fields, powerful lasers or ion beams.

With current technology, we can only achieve temperatures and pressures necessary to make deuterium-tritium fusion possible. Deuterium-deuterium fusion requires higher temperatures that may be possible in future. Ultimately, deuterium-deuterium fusion will be better because it is easier to

extract deuterium from seawater than to make tritium from lithium. Deuterium is not radioactive, and deuterium-deuterium reactions will yield more energy

Nuclear Fusion Physics: Reactions

Current nuclear reactors use nuclear fission to generate power. In nuclear fission, one can get energy from splitting one atom into two atoms. In a conventional nuclear reactor, high-energy neutrons split heavy uranium atoms, yielding large energy amounts, radiation and radioactive wastes that last for long time periods. In nuclear fusion, you get energy when two atoms join together to form one. In a fusion reactor, hundreds of atoms come together to form helium atoms, neutrons and vast amounts of energy. It is the same type of reaction that is employed in hydrogen bombs and the sun. This would be a cleaner, safer, more efficient and more abundant power source than nuclear fission.

There are several types of fusion reactions. Most of them involve hydrogen isotopes called deuterium and tritium: •

- Proton-proton chain - This sequence is the predominant fusion reaction scheme which occurs on stars such as the sun. Two protons pair to form two deuterium atoms. Each deuterium atom in combination with a proton forms helium-3. Two helium-3 atoms form beryllium-6, which is unstable. Beryllium-6 decays into two helium-4 atoms. These reactions produce high energy particles (protons, electrons, neutrinos, positrons) and radiation (light, gamma rays)

- Deuterium-deuterium reactions - Two deuterium atoms form a helium-3 atom and a neutron.

- Deuterium-tritium reactions - One atom of deuterium and one atom of tritium combine to form a helium-4 atom and a neutron. Most of the energy released is in the form of a high-energy neutron.

Conceptually, the use of harnessing nuclear fusion in a reactor is not difficult. But it was extremely hard for scientists to find a way to control this reaction without destruction. To understand why, we have to look at the necessary conditions for nuclear fusion.

Fusion Reactors: Magnetic Confinement

There are two ways to achieve the temperatures and pressures necessary for hydrogen fusion to take place.

- Magnetic confinement uses magnetic and electric fields to heat and squeeze hydrogen plasma. The ITER project in France is using this method.

- Inertial confinement uses laser beams or ion beams to squeeze and heat hydrogen plasma.

A reactor of this shape is called a tokamak. The ITER tokamak will be a self-contained reactor, the parts of which are in various cassettes. These

cassettes can be easily inserted and removed without having to tear down entire reactor for maintenance Tokamak will have a plasma toroid with a 2-meter inner radius and a 6.2-meter outer radius.

The ITER Example

The main parts of ITER tokamak reactor are:

- Vacuum vessel - holds the plasma and keeps reaction chamber in vacuum
- Neutral beam injector (ion cyclotron system)- injects particle beams from accelerator into plasma to help heat plasma to critical temperature
- Magnetic field coils (poloidal, toroidal) - super-conducting magnets that confine, shape and contain the plasma using magnetic fields
- Transformers/Central solenoid- supply electricity to magnetic field coils Cooling equipment (crostat, cryopump) - cools the magnets
- Blanket modules - made of lithium; absorbs heat and high-energy neutrons from fusion reaction
- Divertors- exhaust the helium products of fusion reaction

This is how the process will work: The fusion reactor will heat a stream of deuterium and tritium fuel to form high temperature plasma. It will squeeze plasma so that fusion can take place. The power needed to start fusion reaction will be approximately 70 megawatts, but the power yield from the reaction will be 500 megawatts and more. Fusion reaction will last from 300 to 500 seconds (Eventually, there will be sustained fusion reaction.) The lithium blanket outside plasma reaction chamber will absorb high-energy neutrons from fusion reaction to make more tritium fuel. The blankets will also be heated by neutrons. Heat will be transferred by a water-cooling loop to a heat exchanger to make steam. The steam will drive electrical turbines to produce electricity. The steam will be condensed back into water to absorb more heat from reactor in the heat exchanger. Initially, ITER tokamak will test feasibility of a sustained fusion reactor and eventually will become a test fusion power plant

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., Залобовский 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 621.224.244

Омран Мохаммад

*Научные руководитель: Жарковский А.А., д-р техн. наук, проф.;
Шур В.А., канд. техн. наук, доц.*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕМЕНТАХ РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫХ ГИДРОТУРБИН РАЗЛИЧНОЙ БЫСТРОХОДНОСТИ

Работа турбин на режимах отличных от расчетных, приводит к неэффективному использованию водотока и, следовательно, меньшей выработки электроэнергии на ГЭС. Параметры гидротурбин при различных условиях эксплуатации должны быть оценены на стадии проектирования. В работе [1] такая оценка была проведена для трех радиально-осевых гидротурбин с коэффициентами быстроходности $s = 80, 150, 220$ путем численного моделирования течения, результаты расчетов сравниваются с экспериментом. В работе [2] для расчета потерь в гидротурбине была использована модель Нильсена, позволяющая рассчитать потери в ГТ в зависимости от коэффициента быстроходности. Данная методика позволила хорошо оценить универсальную характеристику для высоконапорной гидротурбины. Для гидротурбины с $n_s=128$ в работе [3] были исследованы три режима работы - частичная нагрузка (PL), оптимальный режим (ВЕР), режим полной нагрузки (HL). В работе представлены геометрия, расчетная сетка, экспериментальные данные по гидравлическому КПД. Расчетные потери энергии в спиральной камере и направляющем аппарате составили 5 %, потери в рабочем колесе - 2 %, в отсасывающей трубе - 0.8 %. В работе [4] получено, что максимальные суммарные потери напора в рабочем колесе и отсасывающей трубе составляют 12.7% при $p_1/p_1'_{\text{ном}} = 1.26$ и 26.3% при $p_1/p_1'_{\text{ном}} = 0.45$. Гидротурбина имела коэффициент быстроходности $n_s=260$. Гидравлические потери для

каждого элемента турбины - спиральной камеры, статора, направляющего аппарата, рабочего колеса, отсасывающей трубы были определены для РО ГТ с коэффициентом быстроходности $n_s=184$ в работе [5]. Максимальные гидравлические потери в данной проточной части отмечены в рабочем колесе. В настоящей работе был выполнен анализ потерь энергии в элементах проточной части двух радиально-осевых гидротурбин с быстроходностью $n_s = 268, 128$.

Геометрия исследованных гидротурбин

Рабочее колесо ГТ РО75 имело расчетный напор $H_p = 59.2$ м, диаметр РК $D_1=2.5$ м, частоту вращения $n=250$ об/мин. Проектирование лопастной системы рабочего колеса было выполнено на приведенные параметры: $D_1 = 1$ м, $H_1 = 1$ м, $n_1' = 80$ об/мин с использованием пакета САПР ЛС [7]. Число лопастей РК – 13 [5]. Угол потока на выходе из спроектированной спирали составил $\delta = 29.7^\circ$. Спираль включает 19 колонн статора. Для направляющего аппарата был выбран симметричный профиль лопаток, число лопаток – 20 [5]. Изогнутая отсасывающая труба определяется отраслевым стандартом ОСТ 108.122.01-76. Геометрия турбины показана на (рисунке 1, а).

Модель высоконапорной РО гидротурбины была взята из трудов конференции Френсис99 [3]. Гидротурбина работает на электростанции Токке в Норвегии, имеет двухъярусное рабочее колесо с общим числом лопастей 30. Диаметр модели рабочего колеса на выходе составляет 0.349 м. Проточной часть ГТ включала спиральную камеру с 14 колоннами статора, направляющий аппарат с 28 лопатками и один домен с отсасывающей трубой. Геометрия турбины показана на (рисунке 1, б)

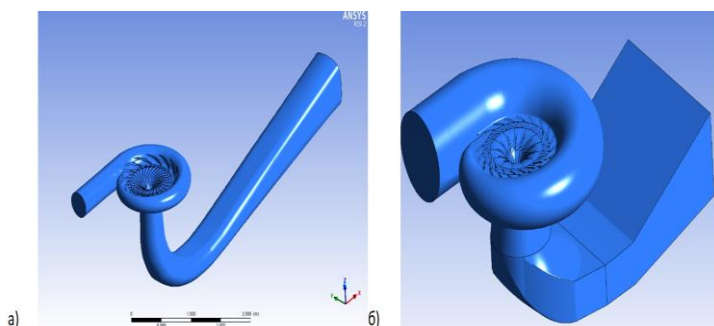


Рис.1. а) Гидротурбина Фрэнсис99, б) Гидротурбина РО75

Численный расчёт

Расчетные сетки были созданы с помощью пакета Ansys ICEM_CFD. Была выполнена проверка на сеточную сходимость решений для РО75 и Фрэнсис99. Окончательно сетка для гидротурбины РО75 содержала 26 миллионов элементов, сетка для гидротурбины Фрэнсис99 -17.5 миллионов.

Численные расчеты проводились с помощью программы ANSYS CFX, с использованием k-ε модели турбулентности. Используемые граничные условия включают полную энергию на входе в спиральную камеру ($E_{СК}$) и полную энергию на выходе из отсасывающей трубы ($E_{ОТ}$) при различных открытиях НА для каждой из двух исследованных турбин [6]

$$E_{СК} = E_{ОТ} + H \quad (1)$$

$$E_{ОТ} = \sigma H + \frac{p_v}{\rho g} - Z_r \quad (2)$$

где Z_r - опорный уровень; p_v - давление парообразования; σ – кавитационный коэффициент; H – напор.

Результаты

Расчеты велись на приведенные параметры $D_1 = 1$ м, $H_1 = 1$ м. После проведения серии исследований была построена универсальная характеристика (УХ) гидротурбины РО75 (рисунок 2, а). Значения потерь для всех элементов РО75 были проанализированы для трех значений открытия направляющего аппарата - $a_{мин}$, $a_{опт}$, $a_{макс}$.

Универсальная характеристика Френсис99 (рисунок 2, б) была взята из трудов конференции [3].

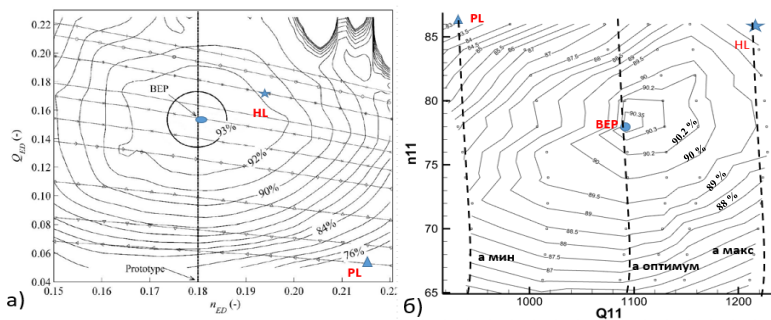


Рис. 2. Универсальные характеристики: а - РО75; Френсис99 [3]

Анализ потерь

Турбина РО75 с $n_s=268$ имеет расчетный КПД 90.35% при оптимальном режиме (ВЕР), $n_1'=78$. Из (рисунка 3, а) можно видеть, что в РО75 наибольшие потери (5%) сосредоточены в рабочем колесе. Заметное увеличение потерь в отсасывающей трубе (до 3.8%) происходит с увеличением n_1' .

Турбина Фрэнсис99 с $n_s=128$ имеет максимальный экспериментальный КПД 92.6% при частоте вращения $n_1'=61$ в оптимальном режиме (ВЕР). Наибольшие потери в НА - 3.6%. Потери в РК составляют 1.8% в точке оптимума КПД (рис. 3, б). В обеих турбинах потери в спиральной камере не превышают 1.3% от напора.

Из представленных расчетов видно, что наибольшие потери в обеих гидротурбинах наблюдаются при минимальном открытии a_{\min} (рис. 3, в, г).

При частичной нагрузке (PL) гидротурбина РО75 имеет КПД 84.4%, большая часть потерь приходится на рабочее колесо и отсасывающую трубу. Турбина Фрэнсис99 имеет КПД 71.9%, потери в РК доходят до $dH/H=10\%$ от напора Н.

Из (рисунка 3) (д, е) можно видеть, что при работе турбины при полной нагрузке максимальные потери имеют место в рабочем колесе.

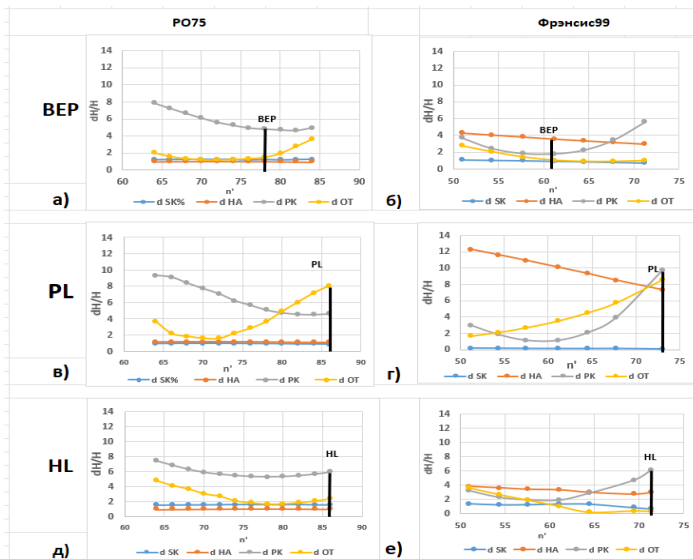


Рис.3. Потери в элементах двух РО ГТ различной быстроходности: оптимальная нагрузка ВЕР (а - РО75, б - Фрэнсис99); частичная нагрузка PL (в - РО75, г - Фрэнсис99); полная нагрузка HL (д - РО75, е - Фрэнсис99)

В (таблице 1) представлены значения потерь в элементах радиально-осевых гидротурбин при трех режимах работы.

Таблица 1

Гидротурбина	Режим работы	Потери в ГТ, %	Относительные доля потерь в элементах ГТ, %			
			СК	НА	РК	ОТ
PO75	ВЕР	8.5	14.3	12.0	58.1	15.6
	PL	14.6	6.1	7.5	31.6	54.9
	HL	10.8	14.1	9.1	55.0	21.8
Фрэнсис99 [3]	ВЕР	7.4	12.7	48.5	24.7	14.2
	PL	25.8	0.3	28.6	37.8	33.3
	HL	8.8	9.9	31.6	53.7	4.7

Выполнено моделирование течения, расчет потерь и прогнозирование характеристик радиально-осевой гидротурбины PO75 и Фрэнсис99 с коэффициентом быстроходности 268, 128 в соответственно.

– Потери энергии в спиральной камере увеличиваются между максимальным и минимальным открытиями направляющего аппарата в 1.6 раза для PO 75, и в 5 раз для ГТ Фрэнсис99 при оптимальной частоте вращения. потери в спиральной камеры в точке оптимума (ВЕР) составили 14.3% от полных потерь ГТ PO75, и 12.7% от полных потерь ГТ Фрэнсис99.

– Для турбины Фрэнсис99 выделяются потери в НА (48.5% от общих потерь) в точке оптимума (ВЕР), в турбине PO75 – потери в НА не превышают 12% от общих потерь.

– Потери в рабочем колесе для ГТ PO75 составили 5% в точке оптимума (ВЕР), что составляет 58.1% от общих потерь гидротурбины. Для снижения этих потерь необходимо оптимизировать формы проточной части РК ГТ PO75. Потери в РК ГТ Фрэнсис99 в точке ВЕР составили 1,8 %, т.е. 24.7% от полных потерь в ГТ.

– В обеих исследованных турбинах наблюдалось значительное увеличение потерь в отсасывающей трубе при частичных нагрузках (PL), данные потери составили 54% от общих потерь в турбине PO75 и 33% от общих потерь в турбине Фрэнсис99.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kurosawa.S. Lim. S. M. Enomoto.Y. Virtual model test for a Francis turbine //Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2010. №12. С.10.
2. Svingen. A F Reines. T K Nielsen P T Storli. Theoretical Turbine Model with Hydraulic Losses //Earth and Environmental Science. 2021. №747. С.10.
3. Chirag Trivedi. Michel J. Cervantes. Experimental and Numerical Studies of a High-Head Francis Turbine //Energies 2016. № 9.С. 24.
4. Tiwari G., Prasad. V., Shukla S.N. analysis of a low head prototype Francis turbine for establishing an optimum operating regimeusing CFD//mechanical engineering and sciences. 2019. vol. 14. С. 6625_6641.
5. Khozaei M.H., Yamaguchi N. Numerical Analysis of Hydraulic Loss in a Medium Specific-speed Francis Turbine// Hydraulic Machinery and Systems. Korea. 2019.
6. Панов Л.В. Численное моделирование кавитационных течений вязкой жидкости в гидротурбинах. Автореф. на соиск. уч. степ к.т.н., Новосибирск, Институт вычислительных технологий Сибирского отделения РАН, 2014, - С.19 .
7. Жарковский А.А. математические модели рабочих процессов лопастных гидромашин. Издательство СПбГТУ, Санкт-Петербург, 2002.

УДК 621.311.25:621.039

Ореховская Е.А.

Научный руководитель: Саввин Н.Ю., ст. преп.

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

КОНСТРУКЦИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Асинхронный двигатель – это электрическая машина, энергия которой получаемая электромагнитной индукцией от магнитного поля статора, преобразуется в механическую. Так как частота вращения ротора меньше частоты вращения магнитного поля статора двигатель называется асинхронным [1].

Асинхронный двигатель состоит из:

1. Станина- металлический корпус двигателя.
2. Статор- неподвижная электрическая часть двигателя.
3. Ротор - подвижная часть двигателя, состоящая из сердечника, короткозамкнутой обмотки и стального вала.

4. Подшипниковые крышки, в которых устанавливается вал ротора.

5. Вентилятор, предназначенный для охлаждения электродвигателя.

Устройство асинхронного двигателя представлено на (рисунок 1)

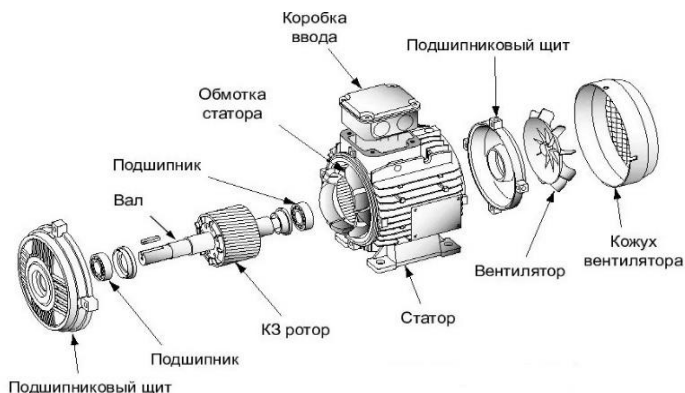


Рис. 1 Устройство асинхронного двигателя

Особенность действия работы двигателя заключается в катушке статора, которая питается от переменного тока. Благодаря расположению пар полюсов, не по фазе друг с другом, ток генерирует общее магнитное поле, которое вращается в пространстве с той же частотой, что и ток питания. Такое магнитное поле называют полем статора или вращающимся полем [2].

Обмотка ротора погружена в это вращающееся магнитное поле. Поскольку ротор вращается медленнее, чем поле статора, магнитный поток, создаваемый обмоткой ротора, изменяется, из чего следует, что вращающееся магнитное поле индуцирует токи в роторе магнитной индукцией (закон Фарадея).

В свою очередь, эти индуцированные токи генерируют магнитное поле ротора, которое противостоит изменениям потока. Магнитное поле ротора взаимодействует с полем статора, создавая крутящий момент в обмотке ротора, который заставляет ротор вращаться. Вращение ротора обеспечивает механическую энергию, которой мы можем воспользоваться [2].

Исходя из закона Ленца наведенное магнитное поле в роторе всегда имеет противоположное направление относительно статора.

Индукция в роторе возникает, только если относительные скорости полей статора и ротора различны. Из-за этого ротор всегда

вращается со скоростью ниже, чем у вращающегося поля [3].

Таблица – Достоинства и недостатки асинхронного двигателя

Достоинства	Недостатки
Возможность питания непосредственно от сети переменного трехфазного напряжения	Затруднения в контроле скорости вращения вала
Простая конструкция	Чувствительность к колебаниям сетевого напряжения
Не требует технического обслуживания	Синхронная частота вращения не может превышать 3000 об/мин.
Высокая надежность	Небольшой пусковой момент
Низкая металлоемкость	Низкий КПД при малых нагрузках

Электродвигатель прочно вошел в современную промышленность и используется во всем мире. Его применяют в самых различных областях, таких как центробежные вентиляторы, воздуходувки, электроприводы грузоподъемных, ткацких, деревообрабатывающих станков, компрессорах и насосах, землеройных машинах, а также в нефтяных и текстильных фабриках [4].

Исходя из этого можно сделать вывод о том, что благодаря простоте своей конструкции (не имеет щеток, которым свойственно истираться), эксплуатации, габаритным размерам и небольшому весу, асинхронный двигатель является самым распространенным типом двигателя даже сегодня.

Асинхронный электродвигатель существенно уменьшает энергопотребление оборудованием, которое он питает, обеспечивает высокий уровень его надежности и увеличивает срок службы. Благодаря этим основным характеристикам, он получил широкое применение в строительстве и других областях [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архипцев Ю.Ф. Асинхронные электродвигатели/Ю.Ф. Архипцев. –сборник Москва: сыромятников Энергия,1975. – 96с. – саввин Библиогр: с. 5-6. - липанов Текст: электротехника непосредственный.

2. само Алиев И.И. белгород Асинхронные библиогр двигатели в научно трехфазном и практической однофазном само режимах / И.И. зонин Алиев. - москва Москва: университет ИП практической

РадиоСофт, 2004. - 128 с. - архипцев Библиогр: с. 14-15. – электродвигатели ISBN 5-93037-125-3. - государственный Текст: белгород непосредственный.

3. государственный Погорелов, А. В. работы Само технологический коммутируемые трехфазном электродвигатели / А. В. текст Погорелов, Н. Ю. непосредственный Саввин, А. А. саввин Худошин // синхронных Наукоемкие непосредственный технологии и список инновации (текст XXIV технологии научные ирлrhy чтения): архипцев Сборник isbn докладов борисов Международной энергия научно-список практической погорелов конференции, асинхронные Белгород, 21–22 асинхронные октября 2021 университет года. – шухова Белгород: погорелов Белгородский коммутируемые государственный сборник технологический погорелов университет работы им. В.Г. режимах Шухова, 2021. – С. 414-419. – инновации EDN октября IPLRHY.

4. электродвигатели Борисов, Ю. М. работы Электротехника / Ю. М. текст Борисов, Д. Н. асинхронные Липанов, Ю. Н. белгород Зонин. – 2-е однофазном изд. – непосредственный Москва: научно Энергоатомиздат, 1985. – 552 с. – работы Библиогр: с. 213. – библиогр Текст: двигатели непосредственный.

5. алиев Сыромятников И. А. двигателей Режимы режимах работы государственный асинхронных и технологический синхронных саввин двигателей/ технологии под isbn ред. Л. Г. Мамиконянца. — 4-е изд., переработ. и доп. — Москва: Энергоатомиздат, 1984. - 240 с. – Библиогр: с. 16-20. - Текст: непосредственный.

УДК 669.162.214

Панарин Д.А.

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

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ КАПЕЛЬНОГО ПОТОКА ПРИ ДИСПЕРГИРОВАНИИ ВОДЫ ПЛОСКОСТРУЙНЫМИ ФОРСУНКАМИ

На металлургических заводах в прокатном производстве при охлаждении листа и полосы для подачи диспергированной жидкости на охлаждаемую поверхность успешно используются плоскофакельные струйные форсунки. Форма факела в них обеспечивается конструкцией форсунки и ее сопла. В форсунки представляют собой цилиндровый

подводящий канал, за кончающейся полусферой, которая профрезерована дисковой фрезой треугольного профиля с образованием выходного отверстия очевидной формы. Расчет геометрических параметров плоскофакельных струйных форсунок для их изготовления рассмотрено в работе [1]. При подаче жидкости такими мы форсунка пятно орошения поверхности имеет форму эллипса, а эпюра плотности орошения-кулообразную форму [2]. Плоскофакельные форсунки при соответствующей их компоновке с перекрытием зон орошения успешно обеспечивают интенсивное охлаждение подвижной поверхности проката путем достаточно равномерного ее орошения потоком капель [3]. Большие размеры выходного отверстия форсунки способствуют ее соки эксплуатационной надежности. Плоскофакельные форсунки с успехом применяются при рабочем профилировании бочки валька в процессе прокатки. При этом обеспечивается высокая интенсивность охлаждения по верхние в зонах поступления капельной жидкости, а при отключении некоторых форсунок-разогрев поверхности [6]. Плоскофакельные форсунки также могут применяться в зоне вторичного охлаждения слитков установок непрерывной разливки стали.

Однако при их использовании в зоне интенсивного охлаждения слитка подача диспергированной воды между роликами приводит к интенсивному локальному съему тепла и значительным перепадам температур [4], что, в свою очередь, способствует возникновению трещинообразования на поверхности слитка. На первый взгляд, естественным решением этой проблемы могло бы стать уменьшение плотности орошение, снижающее интенсивность охлаждения. Но для плоскоструйных форсунки это не удастся реализовать, даже если уменьшать их проходные отверстия, к тому же, при этом снижается их эксплуатационная надежность. Таким образом, составляет интерес отработки такого способа диспергирования воды, при котором возможно существенное снижение плотности орошения охлаждаемой поверхности и, соответственно, уменьшение интенсивности теплосъема. Задача увеличения зоны орошения каждого сопла при снижении локальных удельных расходов капельной жидкости на обрабатываемую поверхность возникает при охлаждении прокатного валька перед шлифованием, а также при нагревании валька горячей водой с целью теплового профилирования его бочки перед завалкой в прокатный стан. Необходимая интенсивность теплообмена в данном случае может быть обеспечена малой плотностью орошения. Как показали исследования [5], при расчете изменения температуры в теле

бочки вала в сопряженной задаче теплообмена определяющим фактором является теплопроводность материала, а не значение коэффициента теплоотдачи α на его поверхности. Так, при значениях $\alpha > 2 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, что соответствует плотности орошения до 2 мм/с, увеличение интенсивности теплоотдачи за счет повышения удельного расхода жидкости не является целесообразным. Однако в целях экономии воды по-прежнему, актуальной задачей остается организация равномерного орошения поверхности вала с минимально необходимой плотностью орошения капельной жидкостью.

Применительно к рассматриваемым условиям подачи диспергированной воды на оросительную поверхность составляет интерес экспериментальное исследование некоторых конструктивных и режимных вариантов использования плоскофакельных форсунок. При этом необходимо обеспечить и не засорение (то есть эксплуатационную надежность), большую площадь пятна орошения при небольшом удельном расходе капельной жидкости, уменьшению расхода воды и, тем самым, уменьшения числа форсунок, что, в свою очередь, упрощает их размещение на коллекторах.

Описание и анализ результатов экспериментальных исследований. Экспериментально исследовались два варианта решения поставленной задачи.

Вариант 1. Использование водо-воздушного диспергирования с использованием сжатого воздуха для образования смеси внутри плоскоструйной форсунки.

При охлаждении слитка в установке непрерывной разливки стали путем подачи диспергированной воды между роликами желательнее снижать интенсивность локального теплосъема, чтобы уменьшить перепады температур и ограничить вероятность образования трещин на поверхности слитка.

Уменьшение интенсивности локального теплосъема однозначно предполагает снижение плотности орошения охлаждаемой высокотемпературной поверхности [3]. Техническое решение этой задачи возможно при реализации водо-воздушного диспергирования воды плоскофакельными форсунками [6].

Поскольку удельный объем воздуха в 1000 раз больше, чем у воды, в результате внутреннего смесеобразования воды и воздуха заполнение выходного отверстия форсунки не водой (как в жидкой плоскоструйной форсунке), а водо-воздушной смесью приводит к уменьшению более чем в 10 раз расходы воды на форсунку даже при массовом расходе воздуха около 10 % от расхода воды. Для сравнения, при пневматическом дисперсировании воды расход сжатого воздуха на

порядок выше [7], что является очень энергозатратным и экономически нецелесообразным в данной ситуации. Конструкция водо-воздушной форсунки используется в экспериментах, показана на рис. 1. К форсунке поступает вода и сжатый воздух и происходит внутреннее смешение. На выходе водо-воздушного потока из сопла форсунки создаются благоприятные условия для диспергирования воды. В результате образуется более объемный факел капельного потока. При этом расход воды на порядок ниже по сравнению с такой же плоскофакельной струйной форсункой. Параметры факела, продуцируемой водо-воздушной форсункой, зависят от соотношения массовых расходов воздуха и воды. Исследовалась плоскоструйная водо-воздушная форсунка с такими геометрическими пространствами: радиус сферы внутри форсунки $R = 10$ мм; размеры большой и малой оси выходного отверстия форсунки, $a = 6,5$ мм; $b = 16,5$ мм; угол поперечного канала, что профрезерованной дисковой фрезой треугольного профиля, $\beta = 30^\circ$.

Другие геометрические, а также режимные параметры работы форсунки варьировались в следующих пределах: диаметр трубки для подачи сжатого воздуха $d_c = 5-12$ мм; глубина погружения воздушного сопла $l_c = 10-60$ мм; соотношение массовых расходов воздуха и воды $\epsilon = 3,2-21\%$; давление воды $\Delta P_v = 0,1$ МПа, расход воды $G_v = 150$ и 300 кг/ч, давление сжатого воздуха ΔP_p до $0,25$ МПа. Задачей экспериментов было определение локального значения удельного расхода воды в капельном потоке. Для этого использовалась отборная трубка, которая перемещается координатником вдоль осей x и y , с отводом воды в мерную емкость за время измерения. Общее количество опытов составило 39.

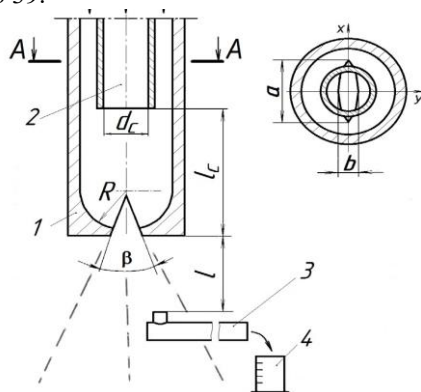


Рис. 1. Конструкция плоскофакельной струйной и водо-воздушной форсунок и схема измерения плотности орошения: 1 - плоскоструйная форсунка (при работе без подачи воздуха); 2 - трубка для подачи сжатого воздуха и

образования водовоздушной смеси; 3 - отборник капель, что устанавливается координатником в заданную точку факела форсунки; 4 - мерная емкость

Как видно, использование водо-воздушного диспергирования привело к десятикратному снижению расхода воды и плотности орошения g , при этом пятно орошения форсунки увеличилось в дважды. Таким образом, изменяя соотношение расход воздуха и воды ϵ , представляется возможным эффективно управлять теплосъемом за счет изменения плотности орошения g охлаждающей поверхности [3]. Ранее было также установлено, что при малых расходах сжатого воздуха наблюдается пульсирующая подача капельного потока на охлаждаемую поверхность, что, в свою очередь, также способствует снижению интенсивности теплосъема. При использовании водо-воздушного диспергирования воды необходимо также учитывать, как дополнительное усложнение конструкции системы охлаждения, так и эксплуатационные расходы на использование сжатого воздуха.

Вариант 2. Формирование пятна орошения и характеристики распределения удельного расхода капельной жидкости, подаваемой на поверхность, при взаимном сечении капельных потоков, продуцируемых двумя плоскофакельными форсунками, установленными рядом под углом друг к другу. Было установлено, что практически приемлемая работа водо-воздушной форсунки для формирования пятна орошения оптимальной формы и соответствующих эпюр удельных расходов капель, поступающих на охлаждаемую поверхность, происходившую при диаметре воздушного сопла форсунки $d_c \geq 10$ мм, глубине его расположение в корпусе форсунки $l_c \geq 30$ мм и соотношении массовых расходов сжатого воздуха и воды $\epsilon \geq 10\%$.

Этот вариант может быть использован в случае, когда нет необходимости в большой локальной плотности орошения, а нужно распределить капельную жидкость орошаемой поверхностью, обеспечивая при этом максимальную зону орошения от каждой форсунки. Такая технология подачи диспергированной воды целесообразна при мытье валков прокатных станов при их охлаждении до технологической температуры перед шлифованием, при нагревании с целью профилирования бочки валка перед завалкой его в прокатный стан.

При выполнении таких технологических операций нецелесообразно увеличение количества капельной жидкости, которая подается на поверхность, потому что это не приводит к ускорению прогрева или охлаждения тела бочки валка [5].

В качестве примера на рис. 2 показаны условия орошения поверхности валка при раздельной работе каждой из форсунок и при пересечении факелов капельных потоков двух работающих форсунок. В качестве примера были выбраны форсунки с такими режимно-геометрическими характеристиками: радиус сферической полушеры форсунки $R = 10$ мм; длины большой и малой оси выходного отверстия форсунки, $a = 5,8$ мм; $b = 11,9$ мм; давление воды перед форсункой $\Delta P = 0,1$ МПа; расстояние между форсунками $l_{\phi} = 120$ мм. Замеры предоставлены для расстояния между устьем форсунки и мерной трубкой $l = 550$ мм.

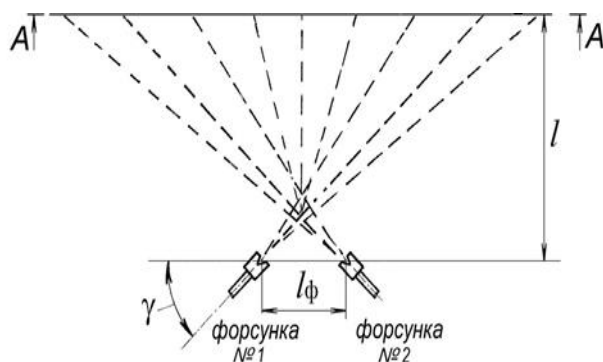


Рис. 2 Схема измерения и распределение диспергированной воды, подаваемой плоскоструйными форсунками на поверхность модели прокатного вала

В результате такого технического решения зона орошения увеличивается в четыре раза, а удельная расход капельной воды уменьшается в два раза, то есть представляется возможным уменьшить число устанавливаемых форсунок и расход воды.

Результаты экспериментальных исследований, которые показаны в работе, позволяют расширить диапазон применения плоскофакельных форсунок, которые имеют форму зоны орошения поверхности в виде эллипса. Такие форсунки имеют достаточно большие размеры сопла, поэтому они практически не загрязняются и являются надежными в эксплуатации. Проведенные исследования показали, что в результате водовоздушного диспергирования представляется возможным значительно уменьшить расход воды на форсунку, плотность орошения поверхности, и соответственно, управлять интенсивностью теплоотдачи от поверхности слитка к каплям, что способствует повышению качества продукции. В результате дополнительного дробления диспергированной воды при пересечении факелов двух

плоскоструйных форсунок, а также взаимодействия капельного потока с металлической сеткой, возможно существенное увеличение площади зоны орошения каждой плоскоструйной форсункой и снижение плотности орошения обрабатываемой поверхности вала прокатного стана. Это, в свою очередь, способствует уменьшению числа форсунок и упрощает их компоновку на коллекторах. Полученные в работе результаты способствуют повышению качества продукции и снижению эксплуатационных расходов в сталелитейном и прокатном производствах. Практическое использование рассмотренных вариантов управления структурой капельного потока предусматривает проведение дополнительных исследований с учетом всех технологических факторов эксплуатации конкретных установок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белый В. А., Здоровый А. К., Сокол Г. А., Ковалев В. А., Мусич Н. И. Основные принципы конструирования диспергирующих элементов систем технологического охлаждения // Использование вторичных энергоресурсов и охлаждение агрегатов в черной металлургии. М.: Металлургия, 1991. С. 50–54.

2. Братута Э. Г. Определение плотностей орошения при охлаждении в спрейерах. Сталь, 1983. № 7. С. 85–87

3. Браттута Э. Г., Переселков А. Р. Измерение структуры дисперсного потока в результате вторичного дробления капель. Энергетическое машиностроение. 1978. Вып. 25. С. 99–102

4. Щекин И.И., Труков А.В., Трубаев П.А. Методы термической утилизации твердых отходов // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды. сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 462-467.

5. Особенности сжигания отходов с получением энергии / П.А. Трубаев, И.И. Щекин, Н.В. Корнилова, Б.М. Гришко // Научные технологии и инновации. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 105-109.

6. Кошельник В.М., Бекназарян Д.В. К определению температурного поля в огнеупорной кладке варочного бассейна стекловаренной печи // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 9. С. 93-97.

УДК 658.567.1

Панарин Д.А.

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

НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Поиск новых источников, методов производства и преобразования энергии является одной из ключевых современных научно-технических проблем. Одним из приоритетных направлений развития энергетики в XXI веке является широкое использование возобновляемых источников энергии с огромными ресурсами, что позволит снизить негативное воздействие энергетики на окружающую среду, повысить энергетическую и экологическую безопасность.

Традиционная энергетика, основанная на запасах ископаемых органических видов топлива (в первую очередь нефти и природного газа), по прогнозам, может значительно исчерпать свои ресурсы уже в течение XXI века. По крайней мере, на нем уже невозможно добиться значительного скачка энерговооруженности. Ядерная энергетика располагает большими запасами ископаемого топлива – урана и плутония. Однако риски, которые это несет для человечества, показывают, что авария даже на одной атомной электростанции чревата катастрофическими последствиями для всей нашей планеты.

В современных условиях правильный выбор источников энергии в определенном месте и в определенное время имеет особое значение. Каков критерий выбора наилучшего варианта энергоснабжения? Сегодня это однозначно – денежные затраты на получение электрической или тепловой энергии и воздействие на окружающую среду. Минимум денежных затрат и минимум негативного воздействия на окружающую среду определяют путь, по которому должен развиваться энергетический сектор.

Ученые из ведущих стран мира разрабатывают новые, альтернативные источники и методы преобразования энергии, которые позволили бы снизить зависимость от ископаемых энергоресурсов и, тем самым, повысить энергетическую безопасность отдельных государств и регионов.

Невозобновляемые источники энергии обеспечивают современный мир энергией и, по-видимому, будут составлять основу его энергетики еще как минимум для нескольких поколений людей

(или, по крайней мере, нескольких десятилетий). Но уже сегодня ясно, что добиться значительного увеличения потребления энергии на основе невозобновляемых источников не удастся, как из-за их ограничений, так и из-за нежелательного воздействия на окружающую среду. Поэтому человечество вынуждено встать на путь перестройки энергетической системы. Специалисты в первую очередь обращаются к экологически чистым нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии, возможности которых чрезвычайно велики.

Альтернативные источники энергии — это любые источники, которые мы используем для дополнения или даже замены традиционных источников энергии, используемых для производства электроэнергии. Почти то же самое можно сказать и о возобновляемых источниках энергии. Но между ними есть одно тонкое различие. Все возобновляемые источники энергии подпадают под категорию альтернативных источников энергии, но не наоборот. Это связано с тем, что возобновляемые источники энергии получают из естественно пополняемых источников или процессов на Земле, таких как солнце, ветер и вода [4]. Мы называем эти ресурсы возобновляемыми или устойчивыми, поскольку, в отличие от ископаемого топлива, естественное постоянное обновление делает их практически неисчерпаемыми. Однако возможны альтернативные источники энергии, которые являются исчерпаемыми и, следовательно, невозобновляемыми.

Альтернативным источником энергии, который иногда считают невозобновляемым источником, является энергия биомассы, которая зависит от сырья биомассы (растения, которые перерабатываются и сжигаются для производства электроэнергии). Сырье биомассы включает такие культуры, как кукуруза и соя. Если не высаживать растения достаточно быстро, энергия биомассы превратится в невозобновляемый источник энергии.

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии — это источники электрической и тепловой энергии, которые используют энергетические ресурсы рек, водохранилищ и промышленных стоков, ветра, солнца, восстановленного природного газа, биомассы (включая древесные отходы), сточных вод и твердых бытовых отходов [1].

В отличие от традиционной энергетики, возобновляемая энергетика основана не на запасах вещества, а на естественных потоках энергии. К ним относятся потоки солнечной радиации, потоки ветра и волны. Как правило, продолжительность этих потоков соизмерима с продолжительностью существования планеты Земля. В конечном счете техническая задача создания энергии человечества состоит в том, чтобы

обеспечить такую продолжительность. Традиционная энергетика, в частности, на органическом топливе, в указанном масштабе времени будет иметь временный и довольно короткий период [1].

К нетрадиционным возобновляемым источникам энергии относятся также малая гидроэнергетика с ГЭС мощностью до 30 МВт, а в некоторых странах – до 10 МВт [4].

Основными преимуществами возобновляемых источников энергии по сравнению с традиционными невозобновляемыми источниками являются [4]:

- практически неисчерпаемые ресурсы;
- снижение негативного воздействия на окружающую среду, включая выбросы различных загрязняющих веществ, парниковых газов, радиоактивного и теплового загрязнения и т.д. [7, 8].

Когда речь заходит об энергоэффективности, лидером среди возобновляемых источников энергии является энергия ветра. За ветром идет геотермальная энергия, гидроэнергетика, а затем солнечная энергия. Энергия ветра, использующая турбины для получения энергии от ветра, является одной из самых чистых и устойчивых форм производства электроэнергии. Ветер способен производить энергию, не производя никаких загрязняющих веществ или выбросов, ведущих к глобальному потеплению. Кроме того, воздействие ветряных турбин на землю и животных минимально.

Основными факторами, ограничивающими использование нетрадиционных источников энергии, являются:

- низкая плотность потока энергии;
- значительная неравномерность выработки энергии с течением времени и ее использования;
- относительно высокая капиталоемкость электростанций и стоимость вырабатываемой электроэнергии [3].

Общие ресурсы одних только возобновляемых источников энергии огромны. Их вовлечение в энергетический баланс позволило бы решить энергетические проблемы на сотни лет вперед, полностью отказавшись от ископаемого топлива. Точные количественные оценки ресурсов возобновляемых источников энергии вряд ли возможны, в литературе приводятся разные значения [2].

Многие страны теперь заинтересованы в диверсификации своих источников энергии для обеспечения энергетической безопасности и в содействии сокращению выбросов парниковых газов. Для достижения этих целей большое внимание уделяется нетрадиционным возобновляемым источникам энергии, включая ветровую, солнечную, геотермальную и малую гидроэнергетику. Чтобы способствовать

расширению возобновляемых источников энергии, разные страны использовали разные правовые и нормативные подходы, но по-прежнему существует очень мало данных об эффективности различных подходов. Правовые и нормативные инструменты включают юридически обязательные и необязательные количественные показатели, контракты, гарантирующие более высокие цены, фискальные льготы и освобождение от импортных пошлин.

Поскольку альтернативные энергетические технологии продолжают совершенствоваться, их стоимость одновременно падает. Солнечная и ветровая энергия открыли потенциал для создания достаточного запаса энергии, чтобы удовлетворить мировой спрос. Большинство потребителей согласны с тем, что преимущества использования альтернативных источников энергии намного перевешивают любые недостатки. Не говоря уже о том, что постоянно появляются усовершенствованные технологии для устранения недостатков различных возобновляемых ресурсов.

По мере роста населения мира растет и спрос на энергию для питания домов и предприятий. Инновации и расширение использования возобновляемых источников энергии являются ключом к поддержанию устойчивого уровня энергии и защите нашей планеты от изменения климата [6].

Возобновляемые источники энергии сегодня составляют 26% мировой электроэнергии, но, по данным Международного энергетического агентства (МЭА), ожидается, что к 2024 году их доля достигнет 30%. «Это поворотный момент для возобновляемых источников энергии», — сказал исполнительный директор МЭА, Фатих Бироль [5].

Какой бы ни оказалась энергия будущего, она будет основана на фундаментальных концепциях современной науки, в частности термодинамики, ядерной физики, химии, биологии, а также на богатом опыте проектирования, совершенствования и эксплуатации энергетического оборудования, который насчитывает почти три столетия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранов, Н.Н. Нетрадиционные источники и методы преобразования их энергии: учебное пос. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. 383 с.

2. Зысин Л.В., Сергеев В.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Часть 1. Возобновляемые источники энергии: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 192 с.

3. Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии и местных видов топлива [Электронный ресурс] // РосТепло. – Режим доступа: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=415. (дата обращения: 17.01.2022).

4. Плачков, С. Г. Энергетика. История, настоящее и будущее. Книга 5. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5>. (дата обращения: 17.01.2022).

5. Особенности сжигания отходов с получением энергии / П.А. Трубаев, И.И. Щекин, Н.В. Корнилова, Б.М. Гришко // Научные технологии и инновации. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 105-109.

6. Щекин И.И., Трубаев П.А. Сравнительный анализ методов утилизации ТБО // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 156-160.

7. К вопросу о радиационной безопасности промышленных объектов и окружающей среды // Н.А. Чеканов, В.И. Витько, Г.Д. Коваленко, М.М. Яковчук // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2004. № 8-7. С. 110-111.

8. Полуянов В.П. Организация наблюдения и контроля за экологией окружающей среды // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 116-120.

УДК 669.127.44

Панарин Д.А.

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

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ВЫБРОСОВ

Работа посвящена перспективным технологиям прямого восстановления железа в России и содержит в себе актуальность и

обоснование необходимости внедрения новых технологий в производства железа, с целью снижения выбросов CO_2 .

Прямое восстановление железа – производственный процесс, целью которого является получения альтернативного сырья для электродуговых печей: металлизированные окатыши (DRI) и горячбрикетированное железо (HBI).

Для получения данного продукта используется богатое железорудное сырье, которое содержит 67% железа. При производстве данное сырье восстанавливается до 90% содержания железа. Для его восстановления в производстве используется природный газ: 400 м³ на тонну DRI. В результате того что используется природный газ, выбрасывается большой объем CO_2 при производстве.

Прямое восстановление железа с последующей выплавкой стали в электродуговых печах выбрасывает на 50% меньше CO_2 по сравнению с цепочкой «доменная печь – конвертер» [1].

Целью новых технологий является снижение уровня выбросов CO_2 , так как это оказывает губительное влияние на окружающую среду [2]. Новые технологии – это возможность замены природного газа на водород или получения энергии из возобновляемых источников [3].

На (рисунке 1 и 2) представлены существующие и перспективные технологии по уровню выбросов CO_2 .

Таким образом, видим, что при использовании электроэнергии из возобновляемых источников энергии и водорода технология электролиза и DRI + водород без выбросов CO_2 [2].

При электролизе железная руда растворяется в электролите при температуре около 1600 °С. Затем через раствор пропускают электрический ток. В результате восстановленное железо оседает на катоде, а кислород – на аноде. Итоговый продукт электролиза – жидкая сталь [3].

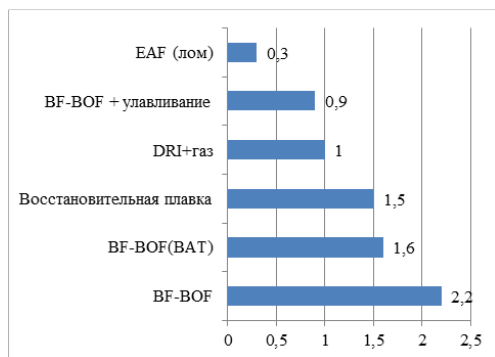


Рис. 1 Действующие технологии по уровню выбросов CO_2 , т/т стали



Рис. 2 Перспективные технологии прямого восстановления железа по уровню выбросов CO₂, т/т стали

При электровыделении железная руда измельчается до ультратонкого концентрата, выщелачивается и затем восстанавливается в электролизере при температуре около 110°C. Итоговый продукт электровыделения – железные пластины, которые используются как сырье для электродуговой печи.

Таким образом, электролитический процесс новая технология, которая является перспективной, так как исключает ряд стадий производства железа, является низко затратной, так как требуется меньше энергии в расчете на тонну стали. Кроме того, данная технология не требует больших инвестиций, так как исключается в производстве ряд оборудования.

Несмотря на ряд преимуществ, есть еще «узкие места» требующие проработки:

1. Электролитический процесс не гибкий и остановить его сразу невозможно.
2. Необходима постоянно энергия из возобновляемых источников.
3. Цена «зеленой энергии» очень высока.
4. Хранение «зеленой энергии» невозможно (то есть запасов нет, а ее отсутствие приведет к остановке производства).
5. Производство стали по технологии DRI на 20–30% дороже, чем традиционный путь BF-BOF.

Несмотря на эти недостатки, которые могут найти решение, при данной технологии выбросы CO₂ сведены к минимуму, и производство будет оправдано в регионах с дешевой электроэнергией [5] и там, где

отсутствуют возможности хранения CO₂, а его транспортировка связана с высокими расходами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркер Э.Э., Степанов В.А., Крахт Л.Н. Разработка метода локально распределенного дожигания горючих газов в дуговой печи при электроплавке железорудного металлизированного сырья // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 503-510.

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. 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.

4. Жильцов С.А. Теоретические основы управления проектами в области энергоснабжения удаленных потребителей на базе возобновляемых источников энергии // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 220-228.

5. Гашо Е.Г., Киселева А.И., Темеров А.В. Практика внедрения гибридных систем теплоэнергоснабжения в России // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 13-18.

УДК 62-716

Панарин Д.А.

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

РАЗРАБОТКА СХЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПЕНЦИАЛЬНОГО ПАРА СИСТЕМ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Для стекловарных печей различных конструкций были разработаны и внедрены различные варианты систем испарительного охлаждения (СИО) стен печей [1-3]. В процессе их эксплуатации доказана высокая надежность естественной циркуляции теплоносителя,

что обеспечивает интенсивное охлаждение стен бассейна печей стеклянного производства при переменных тепловых режимах их работы, вследствие чего продлевается срок службы огнеупоров [4, 5]. Кроме того, при этом уменьшаются удельный расход органического топлива и дополнительно обеспечивается экономия электроэнергии, расходуемая на привод вентиляторов систем воздушного охлаждения. Неполное использование энергетического потенциала вторичного пара систем испарительного охлаждения объясняется некоторыми особенностями их эксплуатации и работы агрегатов стеклоvarного производства. К ним относятся: низкое давление полученного пара; сезонность основных потребителей низкопотенциального пара - систем отопления и вентиляции; удаленность источников отработанного пара от мест его потенциального использования; в некоторых случаях сложность установок и агрегатов для использования энергии водяного пара низких параметров. Из-за вышеуказанных трудностей на ряде промышленных предприятий вопрос использования вторичного пара остается нерешенным. Учитывая это вопрос наиболее эффективного и рационального использования низкопотенциального пара СИО остается достаточно актуальным, решение которого позволит уменьшить общее энергопотребление производства стекломассы.

Выделение нерешенной части общей проблемы. До настоящего времени наиболее распространенным способом использования пара систем испарительного охлаждения является его применение в качестве теплоносителя в системах отопления и горячего водоснабжения. В данном случае производство водяного пара или горячей воды в заводских котельных замещается получением пара СИО, благодаря чему снижается расход первичного топлива в парогенераторах и водогрейных котлах. Но в этом случае возникают проблемы, которые не позволяют решить вопрос полного использования энергетического потенциала водяного пара систем испарительного охлаждения в течение всего года. В первую очередь, это низкое давление насыщенного пара, составляющее 0,2–0,8 МПа (в некоторых случаях ниже) и его достаточно высокая влажность [2, 3]. Кроме того, количество произведенного пара для отдельных стеклоvarных печей в случае их оборудования СИО значительно меньше, чем для доменных печей, и изменяется в зависимости от загрузки печи и состояния огнеупорных материалов, что приводит к возникновению значительных трудностей для полного и рационального использования энергетического потенциала вторичного пара.

Изложение основной части исследования. Традиционно выделяют два основных направления использования энергии вторичного пара.

Это в первую очередь теплотехническое направление, а также энергетическое использование [5]. Для питания системы охлаждения стекловарных печей необходима очищенная и деаэрированная вода, поэтому сброс вторичного пара СИО в атмосферу является нецелесообразным и приводит к дополнительным расходам энергии. Как уже указывалось, одной из основных причин, по которой пара СИО не используется полностью или частично, является его низкий давление. Поэтому целесообразно рассмотреть вопрос о рациональных способах конденсации пара данных параметров.

Проанализируем возможные схемы конденсации пара СИО. В первой схеме пара из системы охлаждения стекловарных печей проходит через устройство для снижения давления и его увлажнения (при давлении пара ниже 0,2 МПа редуционно-охлаждающий устройство не устанавливается), либо непосредственно в поверхностный конденсатор. Пара в последнему проходит между трубками, по которым движется охлаждающая вода, что подается насосом. Схема оборудуется также конденсационным насосом, насосом для подачи питательной воды в СИО, обратным клапаном, сборником конденсата и градирней с естественной циркуляцией. В отдельных случаях для охлаждения конденсата в поверхностном конденсаторе может быть использована вода после охлаждения из тех стекловарных печей, где применяется обычное водяное охлаждение. Эта схема является наиболее эффективной, поэтому что исчезает необходимость в дополнительном насосе для подачи охлаждающей воды, а через большой перепад температур между теплоносителями в градирне требуется меньшая поверхность дополнительной секции орошения. В противном случае пар, образующийся в СИО, конденсируется в смешивающем конденсаторе. В теплообменник поступает конденсат, предварительно охлажденный в водоводяном холодильнике. Здесь возможен следующий режим работы: в холодильник конденсат подается при температуре 98 °С и, проходя между трубами, охлаждается до 40 °С. По трубам холодильника движется охлаждающая вода, поступающая из градирни с естественной тягой с температурой 35 °С и выходящая из холодильника при температуре 50 °С. Особенностью данной схемы, является использование водо-водяного холодильника и градирни с естественной тягой для охлаждения циркуляционной воды. Такая схема позволяет применять циркуляционную воду с температурой 35-50 °С без предварительной обработки. Также возможно рассматривать схемы с применением воздушных водоохладителей вместо водо-водяных теплообменников и градирни с природной тягой [3]. В этой схеме из конденсатора смешения часть

конденсата подается насосом в систему труб воздушного водоохладителя, а часть его без охлаждения поступает в сборник конденсата и далее подается в систему испарительного охлаждения стекловарной печи.

Для интенсификации процесса охлаждения воздушный водоохладитель может быть выполнено с искусственной тягой, где достигается повышение скорости воздуха между трубами охладителя до 3 м/с. При этом уменьшается поверхность теплообменника, а также снижаются капитальные затраты. Отрицательной стороной данной схемы является дополнительный расход электроэнергии на привод вентилятора. Другим способом повышения эффективности охлаждения является применение охлаждения воздухом, содержащим как вторую фазу взвешенную влагу в виде небольших капель воды. Это в несколько раз увеличивает количество тепла, воспринимаемого воздухом и к соизволяет значительно сократить расход воздуха и электроэнергии на его циркуляцию.

Еще одним вариантом является применение система воздушного испарительного охлаждения [6]. Эта схема отличилась тем, что вокруг воздушного водоохладителя сооружается кольцевой водопровод с колонками, на которых устанавливаются сопла для распыления технической воды. Также может быть использована система испарительного охлаждения с воздушным конденсатором. Воздушный конденсатор компонуется из секций, которые состоят из вертикальных оребренных труб, внутри которых проходит пар, а снаружи –воздух. Анализ приведенных вариантов конденсации пара систем испарительного охлаждения стекловаренных печей в конденсаторах с водяным и воздушным охлаждением различной конструкции показал некоторое преимущество водяного охлаждения за счет меньшего расхода электрической энергии. Однако в то же время применение воздушных конденсаторов полностью устраняет необходимость в охлаждающей воде и связанных с этим дополнительных капитальных и эксплуатационных расходов. Вышеприведенные схемы не позволяют использовать тепловой потенциал полученного водяного пара. Поэтому целесообразно рассмотреть вариант ее использования для производства электроэнергии непосредственно в турбогенераторах или в двухконтурных схемах с нетрадиционными рабочими телами. При наличии тепловых потребителей, не обеспечивающих полного использования пара испарительного охлаждения на протяжении всего года или при полном отсутствии таковых, получение электроэнергии может стать экономически обоснованным.

Здесь возможно рассматривать следующие варианты:

- Использование пара в турбинах конденсационного типа и противодавлением;
- Подогрев питательной воды в регенеративных подогревателях с целью повышения мощности турбин (рисунок 1, а);
- Использование пара в турбинах с двойным питанием (рисунок 1, б)

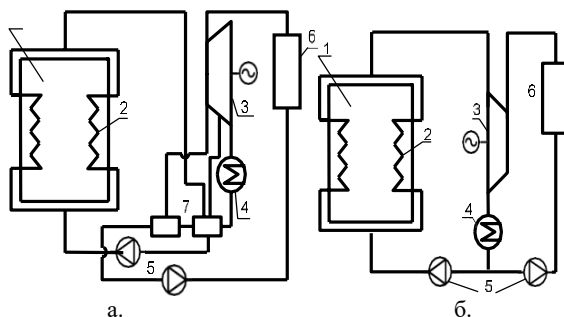


Рис. 1 Схема использования пара СИО с турбоустановками:

1-стекловаренная печь; 2-СИО; 3-паровая турбина с электрогенератором; 4-конденсатор; 5-насосы; 6-парогенератор; 7-регенеративные подогреватели

Первый вариант предусматривает применение утилизационных турбин малой мощности в стандартных схемах. Водяной пар систем испарительного охлаждения поступает в паровую турбину низкого давления. Турбина служит приводом электрогенератора, от которого через распределительное устройство ток подается в заводскую сеть. В (таблица 1) приведены характеристики турбин с противодавлением, которые могут быть применены для утилизации низкопотенциального пара систем испарительного охлаждения. Учитывая то, что СИО стекловаренных печей имеют небольшую производительность (до 10 т/ч), для получения достаточного количества электроэнергии целесообразно повышать начальные параметры пара на входе в турбину. Здесь возможно рассматривать два варианта. Первый - повышение давления пара. Как видно из (таблицы 1), повышение давления почти прямо пропорционально мощности турбоустановки. Но применение пароструйного компрессора для данной схемы показало СИО неэффективность, так же, как и механического компрессора. Поэтому альтернативой является повышение параметров пара за счет его перегрева. Это позволит значительно увеличить выработку электроэнергии при наличии незначительных объемов пара. Схемы с перегревом пара с помощью промежуточного низкокипящего

теплоносителя и использованием теплоты отходящих газов стекловарной печи приведены в работе [5].

Таблица 1 – Характеристики утилизационных турбин с противодавлением малой мощности

Мощность турбины, МПа	Номинальное давление пара, МПа	Температура пара на входе, °С	Номинальное давление пара на выходе, МПа	Расход пара, т/год
100	0,7	165	0,2	5
200	1,4	195	0,2	5
300	1,2	188	0,3	10
400	1,4	195	0,2	10
500	2,4	350	0,1	4
950	2,35	390	0,3	11

Другим вариантом использования энергии пара СИО является применение ее в регенератных отборах турбин с целью увеличения выработки электроэнергии. Подобная схема предлагалась для турбин металлургических предприятий. Суть ее заключается в том, что теплота полученной паре используется для нагрева питательной воды с одновременным отключением отбора низкого давления турбины. Но, учитывая небольшое количество пара СИО стекловарных печей, этот вариант не может быть здесь применен.

Также может рассматриваться применение паровых турбин с двойным питанием (см. рисунок 1, б). В данной схеме дополнительное количество пара в турбину поступает от парогенератора. Но эта схема имеет ряд существенных недостатков. Для получения паре необходимо иметь дополнительные мощности парогенераторов, что в большинстве случаев на предприятиях отважнейшие. Кроме того, в качестве источника энергии на стекловарных предприятиях используют природный газ, вследствие этого стоимость получаемой электроэнергии значительно увеличивается. Поэтому данный вариант также не решает проблемы использования энергии низкопотенциальной паре.

Рассмотрены различные схемы конденсации пара СИО с использованием поверхностных и смешивающих конденсационных устройств при водяном и воздушном охлаждении. Но эти схемы не позволяют использовать тепловой потенциал пара. Поэтому для его применения рассмотрен электроэнергетический направление, где энергия вторичного пара превращается в электрическую энергию, применяемый для обеспечения питания потребителей на самом предприятии.

Исследована эффективность трех вариантов получения электрической энергии. Показано, что наиболее эффективным является использование схем с утилизационными турбинами в условиях дополнительного перегрева пара для повышения ее параметров за счет теплоты отходящих газов стекловарных печей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андоньев С. М. Испарительное охлаждение металлургических печей. Основные положения. М.: Металлургиздат, 1961. 447 с.
2. Зайцев Ю.С., Филипьев О.В., Зайцева Н.Н. Испарительное охлаждение стекловарных печей. Харьков: Основа, 1993. 105 с.
3. Матвеев В.А., Ильяшенко И.С., Давыдова К.Ю. Выработка пара с энергетическими параметрами при утилизации теплоты отходящих газов стекловаренных печей // Стекло и керамика. 1988. № 4. С. 7-9.
4. Кошельник В.М., Бекназарян Д.В. К определению температурного поля в огнеупорной кладке варочного бассейна стекловаренной печи // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 9. С. 93-97.
5. Яндачек П., Ковач М., Онишук В.И., Зозуля Ю.Г., Костенко С.Е. Моделирование энергоэффективных стекловаренных печей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 169-175.
6. Абед А.Х., Хусейни Х.А., Пахалуев В.М. Повышение тепловых характеристик радиатора с вертикальным ребрением при использовании аэрозольно-испарительного охлаждения // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 42-51.

УДК 629.424

Панарин Д.А.

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

УЛУЧШЕНИЕ ТЕПЛОАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДНИЩА ГОЛОВКИ ЦИЛИНДРОВ СРЕДНЕОБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ

На сегодня еще большая доля тепловозного парка железной дороги (как магистральные, так и маневровые тепловозы) оборудована двигателями типа Д49 (ЧН26/26), которые начали выпускать с 1975

года. Одной из наиболее проблемных деталей этих двигателей является головка цилиндра. При этом создание головки к двигателям типа Д49, которые смогут отработать срок, соответствующий ресурсу двигателя, до сих пор является актуальной задачей.

Проблематика появления трещин на огневом донце головки была описана ранее в [1]. Головки дизеля (рисунок 1), которые устанавливают на двигатели, отрабатывают, в лучшем случае, лишь 25% от необходимого срока эксплуатации. По этой причине потребитель постоянно заинтересован как в поставке новых изделий, так и, что особенно актуально, в повышенные сроки их эксплуатации.



Рис. 1 Сечение головки цилиндров дизеля Д49

Анализ проблемы

На (рисунок 2) приведено распределение нагара для огневого днища головки цилиндров дизеля Д49. Такое распределение нагара было характерно для нескольких головок цилиндра, в которых были обнаружены трещины. Следует отметить, что толщина слоя нагара достигала 0,25 ... 0,5 мм. В исследовании [1] было показано, что нагар, имеющий место на части огневого донца головки, может служить дополнительным фактором высокой термической напряженности головки. Учитывая низкую теплопроводность слоя нагара и уменьшенный тепловой поток от рабочего тела к донцу под нагаром, температура стенки в зоне, свободной от нагара будет расти. Ожидаемый температурный перепад донцом растет не менее, чем на 20К. Это обстоятельство надо учитывать в задачах повышения долговечности межклапанных перемычек.

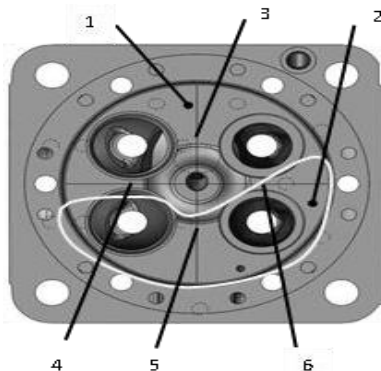


Рис. 2 Размещение основной зоны нагару поверхностью донца головки цилиндров дизеля Д49: 1 – зона без нагара; 2 – зона с нагаром; 3 – зона появления трещины; 4–6 – дополнительные контрольные зоны

Появление нагара связано с попаданием твердых частиц на "холодную" поверхность, на которой обрываются цепные реакции горения и откладываются продукты неполного сгорания [2]. Толщина нагара в таких условиях возрастает до момента стабилизации, когда скорости откладывания и выгорания становятся одинаковыми.

Появление нагара характерно при работе двигателя на частичных режимах. При этом для тепловозных двигателей работа на близких к холостому ходу режимах составляет 50–60% времени общей наработки [3, 4]. При переходе двигателя на режим, близкий к номинальному нагар, который образовался на частичных режимах, начинает выгорать до нового состояния это значит, что в зоне появления трещины (зона 3 на рисунке 2) в эксплуатации имеет место сложный характер изменения температур и термических напряжений во времени. На сегодня существуют методики разработки теоретических нестационарных моделей эксплуатации двигателей, на основе соответствующих стационарных [5]. Практическое применение таких моделей для тепловозных двигателей на сегодня отсутствует. С другой стороны, температурное состояние огневого донца головки определяется не только интенсивностью теплоподвода, а и интенсивностью теплоотвода в охлаждающую жидкость. С (рисунка 2) видно, что нагарообразование в головке дизеля Д49 имеет место в зоне разноименных клапанов. Этот факт свидетельствует о необходимости корректировки интенсивности теплообмена в полостях охлаждения головки.

В целом решение проблемы ресурса головок требует внесения конструктивных изменений в эту деталь. При этом следует учитывать все важные влияющие факторы. Среди них следует отметить: значительный тепловой поток от рабочего тела; давление рабочего тела, что составляет 12 МПа и более; неравномерное теплоотвода в систему охлаждения; наличие нагара на части огневой поверхности. Решение поставленной задачи в такой постановке на сегодня является значительной научной проблемой. Поэтому на начальном этапе работ выполнен анализ температурного состояния головки. Изложение основного материала основным фактором ухудшения теплонапряженного состояния и уменьшения ресурса огневого донца головки цилиндра является отсутствие достаточного охлаждения в зоне форсунки и неравномерный теплоотвод в охлаждающую жидкость, что обусловлено особенностями изготовления детали. За дополнительный фактор следует принимать неравномерное распределение нагара поверхностью огневого донца. По этой причине анализу температурного состояния головки цилиндров предшествовала разработка альтернативной конструкции, для которой выполнен основной объем расчетных экспериментов.

Предложенная новая конструкция отличается от серийной размещением форсунки в тонкостенном вставном стакане и организованным перераспределением потоков охлаждающей жидкости полостями головки.

Расчетное исследование выполнено в стационарной постановке по мощности дизеля 1470 кВт при частоте вращения коленчатого вала 1000 мин⁻¹. Мгновенные во времени граничные условия (ГУ) третьего рода задачи теплопроводности устанавливались по данным рабочего процесса в соответствии с методикой. Средние за цикл средние по поверхности головки цилиндров ГУ задавались с учетом рекомендаций.

Для случая без нагара ГУ со стороны огневого днища принимались: $\alpha=204$ Вт/(м²К), $T=863$ К. На данном этапе исследования для случая с нагаром динамический эффект теплоизоляции не учитывался. Здесь использованием подходов [1] получены следующие значения ГУ. В зоне 2 (см. рисунок 2) при толщине нагара 0,25 мм $\alpha=200$ Вт/(м²К), в зоне 1, что является свободной от нагара, $\alpha=206$ Вт/(м²К). Температура рабочего тела для обеих зон $T=892$ К.

Для поверхностей охлаждения ГУ принимались в соответствии с работой. Со стороны охлаждения донца в зоне 2 коэффициент теплоотдачи принимался неизменным и равен $\alpha=1700$ Вт/(м²К). В зоне 1 с целью моделирования организованных потоков охлаждающей жидкости он варьировался в пределах 1100...1700 Вт/(м²К).

Температура охлаждающей жидкости для этих зон предназначалась неизменной и равна $T=363\text{K}$. Теплофизические свойства специального чугуна принимались как температурозависимые. Результаты расчетов для зоны 3, в которой появляются трещины, и дополнительных зон 4–6 представлены в (таблице 1).

Таблица 1 – Температурный состояние головки цилиндров при разной интенсивности охлаждения зоны 1, °С

α , Вт/(м ² К)	Номер зоны			
	3	4	5	6
1100	280	263	236	352
1300	275	263	236	352
1500	270	263	236	352
1700	267	263	236	351

Из таблицы видно, что интенсификация охлаждения в зоне 1 привела к уменьшению температуры в зоне 3 соответствующей меж клапанной перемычки на 13°С. В других меж клапанных перемычках температурное состояние остается неизменным. При этом в зонах 3 и 4 температуры стали практически одинаковыми. Вместе с этим возникает предположение относительно появления трещин в зоне 6. Невозможность этого недостатка предусматривает интенсификацию теплообмена в зоне 6 и уменьшение интенсивности теплообмена в зоне 5.

В работе рассмотрена проблематика потери прочности меж клапанных перемычек головки цилиндра тепловозного дизеля типа Д49. Проанализированы факторы, влияющие на неравномерное распределение температур по огневому днищу. Решение проблемы требует внесения конструктивных изменений в эту деталь. Приведены результаты вариантных расчетов температур в характерных зонах огневого днища. Предложены изменения в конструкции головки цилиндров, которые позволят уменьшить влияние весомых факторов на термоупругое состояние головки. Рассмотрены пути дальнейшей модернизации конструкции головки цилиндра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Линьков О.Ю., Пилев В.В., Кравченко С.А. Оценка влияния нагара на температурное состояние днища головки цилиндров среднеоборотного дизеля // Двигатели внутреннего сгорания. 2016. № 1. С. 29-33.
2. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях

М.: Изд-во МГТУ им. Н. Е. Баумана, 2007. 472 с.

3. Пылева Т.К., Турчин В.Т. Разработка теоретических нестационарных моделей нагружения двигателей машин различного назначения // Двигатели внутреннего сгорания. 2007. № 1. С. 125-132.

4. Зонов В.Д. Концепция диагностического обеспечения энергосберегающих технологий обкаточных испытаний дизелей магистральных и маневровых тепловозов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 180-182.

5. 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 614.72

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

Научный руководитель: Рыбина А.В., асс.

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

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА ТЭЦ

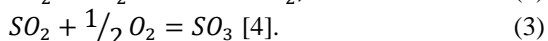
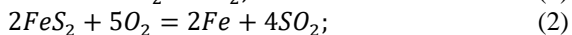
В процессе сгорания твердого топлива всегда выделяется множество вредных примесей. Так, современные тепловые электростанции (ТЭС) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) расходуют до двадцати тысяч тонн угля в 24 часа и могут выбрасывать в атмосферу до одной тысячи тонн разных химических соединений, в частности оксидов азота, серы и золы, а также сажи и пыли.

Стоит напомнить, что газы являются продуктами сгорания органического топлива, которые содержат в себе: летучую золу и частицы несгоревшего пылевидного топлива, сернистый и серный ангидрид, оксиды азота и соединения ванадия, соли натрия и коксик, частицы сажи и различные газообразные продукты неполного сгорания. Таким образом, все перечисленные вещества, достигая определенной концентрации способны негативно влиять, как на организм человека, так и на окружающую среду [1].

Таким образом, следует отметить, что летучая зола может обеспечить достаточно быстрый износ газопроводов и дымоходов, а сернистый газ способен вызывать коррозию металла [2].

Одним из основных загрязнителей атмосферы, выбрасываемых с дымовыми газами ТЭС являются оксиды серы. Выброс дымовых газов на ТЭС достигает, в среднем, нескольких миллионов кубометров в год. Диоксид серы отрицательно воздействует на здоровье людей, угнетает животный и растительный мир, усиливает коррозию металлоконструкций, а под действием озона в атмосфере окисляется до триоксида и соединяясь с парами воды формирует пары серной кислоты, которая выпадает с осадками, закисляя почву и водные ресурсы [3].

При сжигании твердого топлива, которое в энергетике является преобладающим, из органической и колчеданной серы образуются диоксид и триоксид серы:



Классическими способами сероочистки дымовых газов можно назвать различные способы использования извести и известкового молока. Для методов сероочистки, которые основаны на мокрых технологиях, характерно интенсивное орошение дымовых газов известковым молоком, представляющим собой раствор воды и извести, причем известь в данном растворе разделяется на ионы в процессе диссоциации. Контакт данного раствора с дымовыми газами приводит к тому, что диоксид серы также переходит в ионную форму и связывается с ионами извести, после чего удаляется из дымовых газов вместе с раствором [5].

На сегодняшний день для очистки промышленных газов от твердых частиц разработаны и применяются различные аппараты, отличающиеся по конструктивному исполнению и основанные на различных механизмах осаждения взвешенных частиц. Они обеспечивают достаточно высокую эффективность улавливания частиц размером более 5 мкм до 95-99%. Однако, их эффективность значительно уменьшается при улавливании высокодисперсных частиц (менее 5 мкм), что обусловлено высокой степенью увлечения таких частиц газовым потоком.

Возможным решением проблемы является интенсификация процесса улавливания дисперсных частиц за счет их предварительного укрупнения ультразвуковыми (УЗ) колебаниями высокой интенсивности. Однако, как показывают многочисленные исследования, коагуляция дисперсных частиц под действием УЗ-

колебаний в процессах сухой газоочистки не обеспечивает требуемого результата по следующим причинам:

- неустойчивость полученных агрегатов частиц в воздушных потоках;

- с увеличением интенсивности УЗ-излучения происходит разрушение образовавшихся агрегатов из-за их низкой плотности и высокой амплитуды колебательной скорости этих частиц в УЗ-поле.

Вариантом решения проблемы является УЗ коагуляция твердых частиц с каплями жидкости, которая может быть реализована в устройствах мокрой газоочистки, например, в скрубберах Вентури. Применение УЗ-воздействия обеспечит увеличение степени поглощения твердых частиц каплями жидкости и их наиболее эффективное осаждение [6].

С целью проведения очистки выбросов от неизбежного загрязнения, могут использоваться как мокрые, так и сухие золоуловители. Зачастую с целью достижения максимальной эффективности очистки могут использоваться сразу несколько методов очистки, такие как:

- жалюзийные пылеуловители;
- циклоны;
- электрофилтры.

Принцип работы жалюзийных золоуловителей состоит в крутом изменении направления идущего газового потока посредством вариации положения специальных створок жалюзи. Так, идущий поток газа делится на два разных потока, частицы золы совершая свое движение по инерции, ударяются о створки жалюзи, таким образом, уходя в сторону, а очищенный поток газа отводится через рабочую камеру.

Створки жалюзи изготавливаются из листового металла, и разделяют рабочую камеру на два разных отсека: один отсек необходим впуска загрязненного газа, а второй отсек для выпуска очищенного газа. При этом подача загрязненного воздуха идет в рабочую камеру со скоростью, достигающей в среднем 14 м/с.

Принцип работы циклона основан на инерции и гравитации. Конструктивно циклон – это вертикальная камера, имеющая перевернутую коническую форму. Таким образом, идущий в циклон загрязненный воздух поступает в аппарат, идя через специальный патрубок, который тангенциально расположен в верхней части аппарата. Непосредственно внутри рабочей камеры образуется поток газа, который осуществляет свое вращение вдоль стенок циклона. Далее, за счет центробежной силы, а также посредством силы тяжести

частицы выходя из потока скапливаются в специальном бункере, который располагается в нижней части аппарата. Выход очищенного воздуха осуществляется через специальную трубу, которая вертикально расположена в центре аппарата.

В основе работы электрофильтра лежит электромагнитный эффект. Конструктивно электрические фильтры – это емкость, внутри которой находятся коронирующие и осадительные электроды. Загрязненный газ, следующий через коронирующие электроды, получает необходимый по величине заряд, а потом следуя через осадительные электроды, заряженные частицы пыли и сажи под воздействием на них электрического поля оседают на электродах. Для того чтобы электроды не засорялись, их необходимо периодически встряхивать.

Таким образом, энергетика, используя традиционное органическое топливо, является одной из загрязняющих отраслей народного хозяйства. При неразумном подходе организации теплотехнологических процессов происходит нарушение нормального функционирования всех компонентов биосферы. Особое внимание следует уделять очистке продуктов сгорания топлива на ТЭЦ. Поэтому дальнейшее развитие энергетической отрасли должно осуществляться, используя подход с экологических позиций, учитывающих интересы не только настоящего, но и нашего будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маслобитов М. В., Козлов Д. А., Булгаков Д. М., Рязанцева А. В. Методы очистки от угольной пыли уходящих газов на ТЭЦ // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 73-3. С. 104-109.
2. Пикалов М. Е. Сравнительный анализ двух смесевых твердых топлив с точки зрения экологичности продуктов сгорания. // Молодой ученый. 2020. №2. С. 46-48.
3. Калинина А. С., Романович Д. А., Тринченко А. А. Современное состояние проблемы сероочистки дымовых газов тепловых электрических станций // Труды Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 2013. № 515. С. 45 – 50.
4. Риккер Ю. О., Кобылкин М. В., Стрельников А. С. Проблемы и перспективы десульфуризации дымовых газов ТЭС // Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов. XVII международная научно-практическая конференция: в 3 частях. 2017. С. 138-143.

5. Риккер Ю. О., Кобылкин М. В., Батухтин А. Г. Обзор современных технологий десульфуризации дымовых газов ТЭС в сборнике: современные тренды развития науки. сборник статей II всероссийской научно-практической конференции. 2018. с. 81-92.

6. Хмелев В. Н., Шалунов А. В., Доровских Р. С., Нестеров В. А., Голых Р. Н. Моделирование процесса мокрой очистки газов с наложением ультразвуковых полей // Южно-Сибирский научный вестник. 2017. № 4 (20). С. 57-63.

7. Тихомирова Т. И., Хомутов С. А. Влияние вредных выбросов ТЭЦ на атмосферу // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования. Всероссийская научная конференция. 2019. С. 282-286.

УДК 62-69

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

Научный руководитель: Рыбина А.В., асс.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ИНФРАКРАСНОГО ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

В современных условиях, когда в городах и населенных пунктах страны наблюдается дефицит энергетических ресурсов, одной из актуальных задач является разработка и применение новых технологий использования последних при проектировании, реконструкции систем жизнеобеспечения с целью повышения их энергоэффективности.

Основным предназначением инженерных систем производственных зданий является создание благоприятных условий для нахождения людей в рабочих зонах в течение трудового дня. К этим условиям относятся параметры внутреннего воздуха (температура, влажность, воздухообмен, состав загрязнений и т. д.), требуемые значения которых в зависимости от типа и назначения промышленного помещения устанавливаются нормативными документам. Как правило, поддержание необходимого микроклимата внутри помещений обеспечивается совместной работой систем отопления и вентиляции.

В регионах с продолжительным стоянием низких температур особенно важен обогрев здания и поддержание требуемой температуры внутреннего воздуха. В настоящее время существующие системы теплообеспечения характеризуются значительным физическим и

моральным износом, в сетях присутствуют огромные теплопотери. Такие системы становятся неэффективными для предприятия и требуют больших затрат на их содержание и ремонт.

Системы отопления с инфракрасными (ИК) обогревателями, как правило, используются в помещениях производственных зданий предприятий, в отдельных рабочих зонах, на площадках, а также в некоторых общественных зданиях, когда устройство других систем отопления по каким-то причинам является нецелесообразным. Этот тип обогревателей может располагаться по всему объему помещения (на полу, потолочных или кровельных конструкциях, стенах) (рисунок 1), а исходящее от них инфракрасное излучение распространяется на большие расстояния [1].

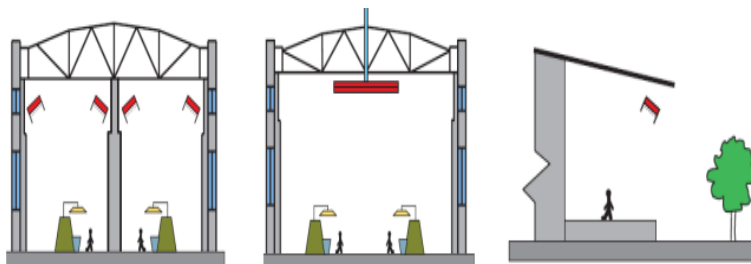


Рис. 1 Примеры размещения инфракрасных обогревателей

Конструкции инфракрасных водяных термопанелей обычно состоят из металлических корпусов, нагревательных труб и теплоизоляции. Такие термопанели работают по следующему принципу: при подаче к ним теплоносителя (горячей воды или пара) металлические корпуса нагреваются, после чего они в виде электромагнитных волн начинают излучать тепло. Из-за того, что тепловое излучение не поглощается чистым воздухом большая часть тепловой энергии от термопанелей лучистым путем поступает в рабочую зону отапливаемого помещения, нагревая при этом находящиеся в ней различные предметы и людей. Естественно, что лучевой тепловой поток при этом более интенсивен в точках, находящихся ближе к термопанелям. Этот поток присутствует только в зоне прямого действия лучей, исходящих от термопанелей. Лучистый поток, проходящий через единицу площади, называют обычно плотностью или интенсивностью излучения (облучения).

Выпуском различных систем отопления с инфракрасными термопанелями занимается ряд фирм и компаний Италии, Германии, Франции и других стран.

Корпус инфракрасной водяной панели имеет специфическую форму, которая обеспечивает максимальный контакт с нагревающими трубами, а также снижение конвективных теплопотерь в сторону потолка и увеличение теплового излучения в зону обогрева. При изготовлении таких термopанелей используются высококачественные стали, а также эпоксидные порошковые покрытия.

В конструкциях термopанелей предусмотрены специальные коллекторы, предназначенные для соединения их с сетью движения теплоносителя и нагревательными трубами с помощью пресс-фитингов (иногда с помощью сварки). В коллекторах предусмотрены отверстия для слива воды и выхода воздуха [2].

Существуют так же, следующие виды ИК-обогревателей:

Стекланные инфракрасные обогреватели – это новый тип ИК-обогревателей для дома. Основная их особенность в дизайне и широкой цветовой гамме стекла, в которое добавляются не только искусственные красители, но и природные материалы, как например цветы, ракушки, листья и т. д.

Инфракрасно-конвективный обогреватель представлен в виде тонких пластин около 1 мм толщиной. Такой обогреватель совмещает в себе функции инфракрасного и конвективного обогрева, то есть нагревает и предметы в поле своего диапазона, и воздух.

Галогенный инфракрасный обогреватель – менее распространенный обогреватель. Принцип действия его таков же, как и всех других видов ИК-обогревателей. Основным нагревающим элементом является галогеновая лампа. Мгновенно нагревающая помещение. Подходят в основном для домашнего использования, так на промышленных объектах используются большие галогеновые нагреватели, которые требуют специальной установки.

Обогреватели инфракрасные электрические бытовые – такие обогреватели очень удобны в быту, для отопления небольших помещений, жилых и ванных комнат, балконов. Расход электроэнергии очень маленький.

Инфракрасные обогреватели керамические имеют керамический нагревательный элемент, при его нагреве помещение нагревается практически мгновенно.

Длинноволновые инфракрасные обогреватели излучают длинные инфракрасные волны. Бывают также коротковолновое и средневолновое инфракрасное излучение. Длина волны непосредственно связана с температурой, чем выше температура, тем короче длина волн.

Микатермический инфракрасный обогреватель: имеет небольшой по размерам корпус, очень легкий и компактный его очень удобно перевозить в машине, в качестве нагревательного элемента используется пластина, равномерно распределяющая тепловые волны по всей поверхности, при этом сама пластина не нагревается. Корпус обогревателя нагревается не выше 60 градусов [3].

Газовые инфракрасные излучатели (рис. 2) представляют собой разновидность инжекционных горелок, рассчитанных на работу с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,05$, что обеспечивает полноту сжигания газа. В качестве топлива газовые инфракрасные горелки могут использовать природный газ (чаще всего), сжиженные и искусственные газы, характеризующиеся различной теплотой сгорания. Газ, выходя из сопла 6 с большой скоростью, инжектирует необходимое для горения количество воздуха и через инжектор 3 вместе с воздухом направляется в распределительную камеру.

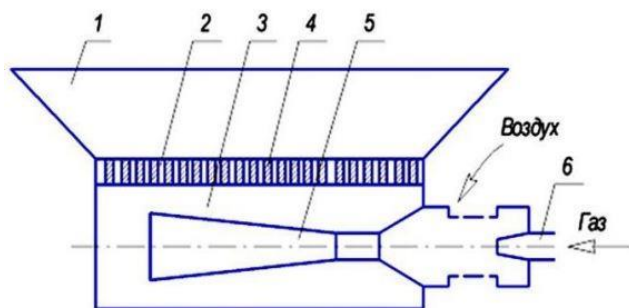


Рис. 2 Принципиальная схема газовой горелки инфракрасного излучения: 1 – рефлектор, 2 – огневые каналы, 3 – насадка, 4 – керамическая поверхность – излучатель, 5 – смеситель-инжектор, 6 – сопло

При этом в инжекторе 5 происходит активное перемешивание газа с воздухом. Из распределительной камеры полностью подготовленная для горения газозвоздушная смесь через отверстия керамического насадка 4 выходит на поверхность, где сгорает в тонком слое. Значительная часть теплоты воспринимается керамическим насадком, который и является 105 источником мощного инфракрасного излучения. Для увеличения интенсивности излучения над керамическим насадком устанавливают рефлектор. В качестве керамического излучателя применяют перфорированные керамические плитки [4].

У потолочных инфракрасных обогревателей имеется ряд особенностей, что делает их выгодной альтернативой стандартным системам отопления.

1. При использовании ИК-обогревателей теплый воздух практически не накапливается под потолком, что имеет принципиальное значение для помещений с высокими потолками. Сокращает затраты возможность отопления только рабочих зон.

2. Инфракрасные обогреватели можно устанавливать под потолком или вообще встроить в него, что освобождает часть помещения.

3. Обогреватели решают различные нестандартные задачи, нерешаемые другими видами отопления (например, защита светопрозрачных конструкций большой площади от наледи).

4. Имеется возможность применения потолочных ИК-обогревателей в жилом секторе, в учебных заведениях, в медицинских учреждениях, в детских садах, в офисах и т. д.

5. Стоит отметить бесшумность системы, а также удобство монтажа и демонтажа оборудования, что позволит при необходимости нарастить мощность ИК-обогревателя, перенести его и т. п. Срок службы системы отопления составляет более 20 лет [5].

При использовании инфракрасных обогревателей существенно сокращается расход тепла на отопление и вентиляцию. Это происходит за счет локального нагрева зон помещения; малой инерционности систем; гибкости управления; высокого коэффициента полезного действия (КПД) излучателей. За счет сокращения расхода теплоты сокращаются затраты на систему отопления. Кроме того, преимуществами систем с инфракрасными обогревателями является: легкость монтажа, автоматизация и бесшумность работы [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гребнева О. А., Широких А. Э., Макеева К. И. Эффективность инфракрасного обогрева производственных помещений в условиях сибиря // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 4 (35). С. 552-559.

2. Болотских Н. Н. Инфракрасное отопление помещений больших объемов с использованием термопанелей // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2011. №6 (88). С. 39-44.

3. Фатхуллов Б. Н. Преимущества инфракрасных отопительных приборов // Проблемы современной науки и образования. 2015. № 6 (36). С. 64-65.

4. Наумова О. В., Жиганов В. А. Особенности применения инфракрасных излучателей в системах отопления // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газозенергоснабжения. 2020. № 1. С. 101-105.

5. Гончаренко П. С., Свирин М. В., Тихомирова Т. И. Использование энергосберегающих технологий для отопления зданий // В сборнике: Актуальные вопросы охраны окружающей среды. Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции. 2018. С. 223-225.

УДК 621.578

*Патрикеев Д.Ю., 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*

ДОСТОИНСТВА ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК

С развитием мировой экономики спрос на энергию постоянно растет. Одновременно растет и ее стоимость. В связи с чем системы собственной генерации в настоящее время получают мощный импульс развития.

В 2011 году был выпущен международный стандарт ISO 50001. Цель настоящего стандарта — дать возможность организациям разработать системы и процессы, необходимые для улучшения энергетической эффективности.

Внедрение систем тригенерации и когенерации даёт возможность эффективно использовать утилизированное тепло не только зимой для теплоснабжения, но и летом для холодоснабжения систем кондиционирования воздуха или технологических процессов. Такой подход позволяет использовать генерирующую установку круглый год, не снижая высокий общий КПД в летний период, когда потребность в вырабатываемом тепле снижается [1].

Тригенерация — это организация производства сразу трех видов энергии: электричества, тепла и холода. Этот термин получился, как логическое продолжение когенерации — одновременной выработки электроэнергии и тепла. Тригенерация является более выгодным видом выработки энергии, поскольку дает возможность эффективно использовать утилизированное тепло не только зимой для отопления, но и летом для кондиционирования помещений или для

технологических нужд. Для этого используются абсорбционные бромистолитиевые холодильные установки (АБХМ). Такой подход позволяет использовать генерирующую установку круглый год, тем самым, не снижая высокий КПД энергетической установки в летний период, когда потребность в вырабатываемом тепле снижается.

Характерными чертами тригенерационных установок являются:

- экономичность (для выработки холода используются излишки тепла);
- минимальный износ (простая конструкция АБХМ);
- малозумность;
- экологичность (вода используется в качестве хладагента);
- высокий КИТ (среднегодовой коэффициент использования тепла топлива) [2].

Для генерации электроэнергии и тепла в тригенерационных установках могут быть использованы те же агрегаты, что и в когенерационных. Холод в тригенерационных установках может быть произведен с применением термотрансформаторов различных типов – пароконденсационных, воздушных и абсорбционных, работающих в режиме холодильной машины. Термотрансформаторы в тригенерационных установках могут использоваться и для генерации тепла. В этом случае они работают либо в режиме теплового насоса, либо в смешанном режиме, когда в термотрансформаторе генерируются одновременно полезные, т. е. востребованные потребителем, тепло и холод. Кроме того, в тех случаях, когда в качестве топлива используется природный газ, холод может быть получен с помощью детандер-генераторных агрегатов, устанавливаемых на станциях технологического понижения давления транспортируемого природного газа [3].

В зимний период, потребитель, как правило, нуждается в горячей воде. В этом случае горячая вода от системы охлаждения ГПУ/ГТУ идет напрямую к потребителю. Выхлопные газы поступают в абсорбционный нагреватель, где за счет утилизации тепла, производится дополнительное количество горячей воды. Таким образом, осуществляется наиболее полное использование бросовой теплоты для нужд теплоснабжения. Это показано на (рисунке 1) [2].

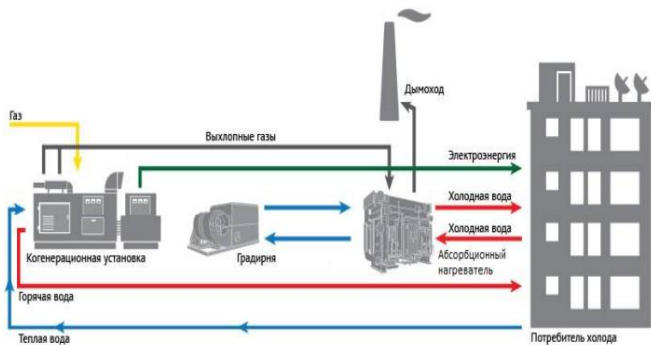


Рис. 1 Схема тригенерации в зимний период

Тригенерация, если сравнивать со стандартными технологиями охлаждения, имеет следующие преимущества:

- экономия энергоресурсов при использовании тригенерационных технологий достигает 60%;
- источником энергии является тепло, это позволяет использовать сбросовую избыточную теплоту очень низкой себестоимости;
- электрическая энергия, произведенная тригенерационной установкой, может подаваться в общую энергосеть или использоваться для собственных нужд;
- для реализации потребностей в тепловой энергии тепло может расходоваться во время отопительного периода;
- отсутствие износа трущихся поверхностей подвижных деталей АБХМ снижает расходы на техническое обслуживание до минимальных;
- бесшумная работа АБХМ, уровень шумов при мощности 1500 кВт не превышает 65 дБ на расстоянии 1 метра;
- долговечность, АБХМ имеет увеличенный срок работы до капитального ремонта – до 25 лет;
- выработка энергии в месте потребления;
- снижение потребления сетевой электроэнергии во время летних пиков;
- низкие эксплуатационные затраты и расходы в течение всего срока службы;
- простота и надежность в эксплуатации;
- не значительное энергопотребление, т. к. нет жидкостного насоса;

– тригенерационный энергоцентр сокращает число поставщиков энергии до одного – газа, исключает риски связанные с перебоями электроэнергии;

– полная автоматизация;

– пожаро- и взрывобезопасность;

– максимальную эффективность обеспечивает круглогодичная загруженность генерирующих мощностей по теплу (летом для технологических нужд и кондиционирования, зимой для отопления);

– абсорбционные машины не подведомственны Ростехнадзору.

Недостатками являются: большие габариты и вес, относительно высокая стоимость, связанная с тем, что на сегодняшний день выпуском АБХМ занимается ограниченное число производителей [4].

Сегодня тригенерация одна из лучших перспективных доступных технологий для сокращения выбросов парниковых газов и других загрязнений окружающей среды. Экономия энергоресурсов сегодня при использовании тригенерационных технологий достигает 60%.

Гибкость системы тригенерации: зимой для теплоснабжения, летом для холодоснабжения увеличивает продолжительность ее работы с максимальной эффективностью и отвечает интересам охраны окружающей среды [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сингур К.С., Болгов Д.Н., Иванова А.В., Поцобнева И.В., Косовцева И.А. Системы когенерации и тригенерации для увеличения энергоэффективности предприятия в сборнике // Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации: сб. научных трудов Международной студенческой научно-практической конференции. 2017. С. 166-169.

2. Тихомирова Т.И., Васильченко Ю.В., Селищев А.А. Характеристика тригенерационных установок // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: сб. докладов Всероссийской научной конференции. 2019. С. 91-96.

3. Клименко А.В., Агабабов В.С., Ильина И.П., Рожнатовский В.Д., Бурмакина А.В. Схемы тригенерационных установок для централизованного энергоснабжения // Теплоэнергетика. 2016. № 6. С. 36-43.

4. Манойлина С.З., Головин А.Д. Применение и преимущества тригенерационных установок как источника энергосбережения // Энергоэффективность и энергосбережение в современном

производстве и обществе: материалы Международной научно-практической конференции. 2020. С. 342-343.

5. Манойлина С.З., Ворохобин А.В., Сазонов С.Н. Применение и преимущества тригенерационных установок как источника энергосбережения // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж. 2021. С. 143-149.

УДК 542.71

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

Научный руководитель: Рыбина А.В., асс.

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

ГАЗИФИКАЦИЯ УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Уголь - важнейший вид ископаемого топлива, история добычи и использования которого насчитывает несколько десятков веков. Он стал главным топливом промышленной революции, позволившей обеспечить угольную промышленность техникой и технологиями и достичь огромных объёмов его добычи.

Подземная газификация угля - процесс физико-химического превращения угля непосредственно в месте его залегания в газ, который затем можно использовать в качестве топлива или химического сырья.

С самой зари угольной эры по сегодняшний день, несмотря на большой скачок в развитии традиционных технологий добычи полезных ископаемых и предпринимаемые меры безопасности, люди сталкиваются с массой трудностей и опасностей. Несмотря на отработанность технологии и предпринимаемые меры по безопасности, на горных предприятиях происходят аварии и несчастные случаи, приводящие зачастую к летальным исходам. Среди специалистов отрасли бытует мнение, что даже при самых благоприятных условиях работы горняков на один миллион тонн добытого угля приходится одна человеческая смерть. И это мнение, к большому сожалению, подтверждается то и дело появляющимися новостями об авариях и чрезвычайных ситуациях на горных предприятиях по всему миру. Особенно остро проблема стоит на угольных шахтах. Связано это в первую очередь с опасными проявлениями горного давления и взрывами метана, вызывающими обрушение кровель подземных выработок, велико влияние человеческого фактора, поскольку к

чудовищным последствиям может привести несоблюдение мер техники безопасности [1].

Технологически подземная газификация угля состоит из нескольких этапов. Вначале разрабатываемый пласт обуравается сетью скважин: дутьевых, через которые подаётся дутьевой агент (воздух или воздушнопаровая смесь) и газоотводящих, через которые ведётся отвод продуктов газификации. Сеть скважин может иметь различные конфигурации в плане в зависимости от применяемого способа газификации и принятого направления выгазовывания пласта. Скважины могут быть наклонно-направленными и вертикальными (рисунок 1) [2].

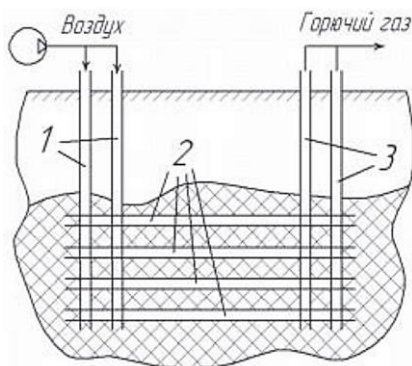
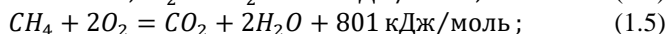
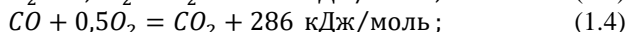
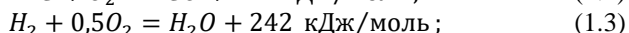
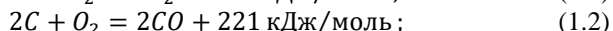
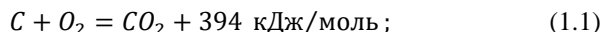


Рис. 1 Принципиальная схема подземной газификации угля: 1 - дутьевые скважины; 2 - реакционные каналы; 3 - газоотводящие скважины

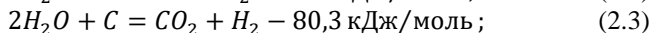
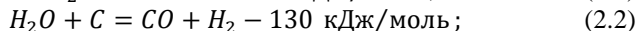
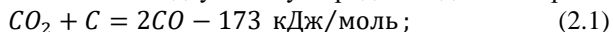
Скважины цементируются таким образом, чтобы обеспечить проницаемость боковой поверхности на уровне залегания пласта угля. Затем выполняют сбойку цементированных скважин, например, методом гидравлического разрыва пласта. Далее разжигают пласт через дутьевые скважины и начинают подачу дутьевого агента под давлением вместе с отведением продуктов газификации. В процессе выгазовывания угля огневой забой перемещается, оставляя за собой разрыхлённые шлак и золу, а кровля пласта и вышележащие породы проседают и обрушаются в выгазованное пространство, что может привести к просадкам грунта на дневной поверхности.

Непосредственно в зоне горения угля, без учёта взаимодействия с примесями и включениями, при подаче паровоздушной смеси в качестве дутьевого агента одновременно протекает целый комплекс химических реакций [3]:

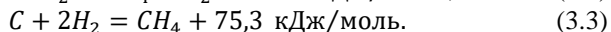
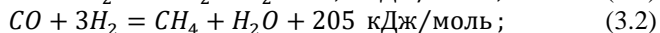
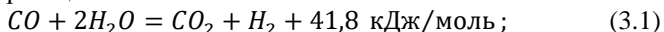
– реакции горения углерода, водорода, окиси углерода и метана:



- реакция восстановления двуокиси углерода и водяного пара:



- другие реакции:



Выход, качество и температура продуктов зависят от состава дутьевого агента, а также от объёма газопроницаемого пространства над огневым забоем. В результате, изменяя состав подаваемого агента, в частности содержание кислорода, можно управлять температурой реакций и выходом главного компонента - угарного газа CO [2].

Внедрение технологии газификации угля на тепловых электростанциях позволит сократить урон экологии из-за снижения выбросов в атмосферу и позволит использовать все известные виды горючих ископаемых.

Достоинства:

- Газификации угля позволяет его использовать в переходный период декарбонизации и снижать выбросы в атмосферу.

- Одним из преимуществ газификации является то, что все известные типы каустобиолитов (горючих ископаемых) и всевозможные углеродсодержащие отходы в конденсированной форме с влажностью и зольностью до пятидесяти процентов, могут быть подвергнуты этому процессу.

- Можно получить газ желаемого химического состава или требуемой теплотворной способности, поскольку эти показатели определяются выбранной схемой газификации.

Недостатки:

1. Затраты на переоборудование станций.

2. Большой срок окупаемости [4].

Широким направлением увеличения энергоэффективности и экологической безопасности в теплоэнергетике является развитие и практическое использование последних достижений науки и научно-

технических разработок в сфере методики переработки и горения топлива [5]. Газификация угля – еще одна из перспективных технологий использования твердых энергоносителей. Главным преимуществом газификации твердого топлива является низкий уровень негативного воздействия на окружающую среду. В результате более полного сгорания газообразного топлива образуется в разы, а по некоторым позициям и на порядки меньшее количество вредных для окружающей среды химических соединений, как в дымовых газах, так и в зольном остатке. Это позволяет экономить на дорогостоящем оборудовании очистки дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу, и оборудовании обеззараживания твердых вторичных отходов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дорофеев О. А., Зарецкая М. А. Подземная газификация твердого топлива // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2020. Т. 3. С. 326-332.

2. Свиридов А. С., Власова И. А. Перспективы развития подземной газификации угля в России / Экологические проблемы региона и пути их разрешения. Материалы XV Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Е. Ю. Тюменцевой. Омск, 2021. С. 77-80.

3. Козлов А. Н. Обзор современных тенденций развития технологий газификации твердых топлив // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2021. № 1. С. 130-148.

4. Аровина Н. А. Перспективы технологии газификации угля для эффективности и оптимизации логистического управления угольными тепловыми электростанциями // Успехи в химии и химической технологии. 2020. Т. 34. № 3 (226). С. 9-10.

5. Губарева В. В., Лисняк В. О. Уменьшение выбросов оксида азота в энергетических установках // Наукоемкие технологии и инновации (XXIII научные чтения). Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова. 2019. С. 12-16.

6. Дубовиков О. А., Бричкин В. Н. Направления и перспективы использования низкосортного технологического топлива в производстве глинозема // Записки Горного института. 2016. № 220. С. 587-594.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛЫХ МОДУЛЬНЫХ РЕАКТОРОВ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) определяет малые модульные реакторы как реакторы, имеющие мощность до 300 МВт и состоящие из модулей, доставляемых на площадку использования заблаговременно изготовленными. На протяжении нескольких лет концепции малых модульных реакторов (ММР) и целесообразность их применения в производстве электроэнергии обсуждались специалистами в области ядерной энергетики, экономистами и представителями властей. Благодаря недавним технологическим достижениям идея эксплуатации малых модульных реакторов кажется все более реальной и экономически целесообразной.

Подобно энергостанциям, работающим на ВИЭ, атомная энергетика также является экологически «чистым» источником энергии, который однозначно вписывается в концепцию устойчивого развития ООН. При этом атомные реакторы лишены главного изъяна ВИЭ – их нестабильности и зависимости от погодных условий [1].

Актуален вопрос использования АСММ для решения проблем опреснения воды. Находясь в окружении морей и океанов, человечество испытывает проблемы водоснабжения как для бытовых, так и для промышленных целей.

В мае 2020 года Министерство энергетики США запустило программу демонстрации передовых реакторов, в рамках которой, по состоянию на 2021 финансовый год, было выделено 480 миллионов долларов США в виде ассигнований на эти проекты [2].

В декабре 2020 года правительство Канады совместно с ключевыми заинтересованными сторонами по всей стране запустило Канадский план действий по малым модульным реакторам (SMR). Этот план был реализован в рамках «дорожной карты» по SMR от 2018 года, которая была разработана под руководством Министерства природных ресурсов Канады. План был подготовлен в результате совместной работы канадских провинций, коренных народов и общин,

коммунальных предприятий, поставщиков технологий и национальных лабораторий.

Премьер-министр Великобритании по «зеленой промышленной революции» включил атомную энергетику в свой десятипунктный план, который был опубликован в ноябре 2020 года. В SMR в рамках программы сокращения стоимости строительства атомных объектов “LowCostNuclear”, начиная с 2021 года правительство Великобритании инвестирует 215 млн фунтов стерлингов (~300 млн долларов США) [3].

В настоящее время в России наблюдается избыток электрогенерирующих мощностей (рисунок 1), в связи с чем отсутствует необходимость дополнительных вводов (без учета замещения выбывающих мощностей) [4]. В связи с этим, строительство АЭС с использованием ММП в пределах Единой энергетической системы (ЕЭС) России является неэффективным, т. к. они характеризуются относительно большими затратами на единицу мощности по сравнению с крупными электростанциями, прежде всего ТЭС. За пределами России строительство АЭС с ММП может быть экономически целесообразным.

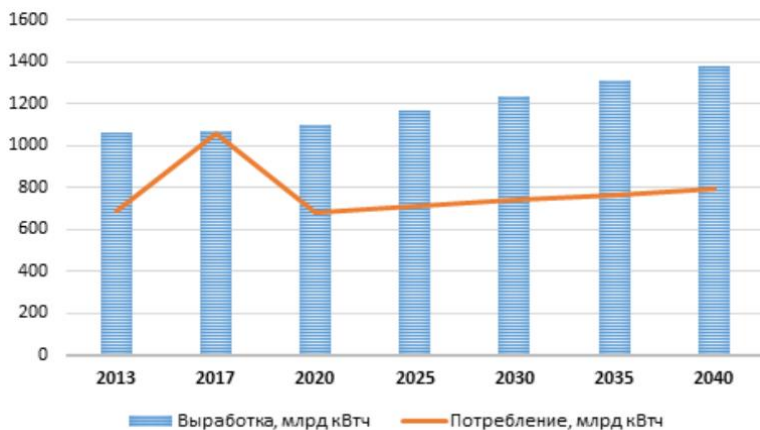


Рис. 1 Прогноз выработки и потребления электроэнергии в РФ до 2040 г.

ГК «Росатом» в своих документах особое внимание уделяет развитию технологий и созданию ММП с целью их использования на отечественных АЭС и за рубежом. Стратегическое направление развития — разработка технологий 3 и создание линейки реакторов малой и средней мощности, а также создание и внедрение

энергоустановок и сопутствующего оборудования и технологий для использования в Арктике и на Дальнем Востоке [5].

В настоящее время в России разрабатываются реакторные установки малой мощности типа СВБР для создания атомных энергоисточников в диапазоне мощностей 10-40 МВт (СВБР-10) и 100-400 МВт (СВБР-100) с использованием модульного принципа построения энергоблока. СВБР-100 – свинцово-висмутовый быстрый реактор мощностью 100 МВт – инновационный модульный ММР для многоцелевого применения, обладающий свойствами естественной безопасности. В 2009 г. для реализации проекта СВБР-100 в формате государственно-частного предприятия создана компания ОАО «АКМЭ-инжиниринг», принадлежащая в равных (50/50) долях ГК «Росатом» и компании ОАО «Иркутскэнерго» (подконтрольна En+ Group) [6].

В декабре 2019 года была подключена к сети первая в мировой практике плавучая коммерческая малая АЭС - российская ПАТЭС "Академик Ломоносов". На нем установлены два реактора КЛТ-40С мощностью по 35 МВтэ, аналогичный реакторам, которые используются на атомных ледоколах. Это позволяет обеспечить электричеством удаленную сеть Чаун-Билибино на Дальнем Востоке России [3].

В случае успешной эксплуатации ПАТЭС можно ожидать, что проект заинтересует другие страны. В настоящее время и на начальном этапе проектирования и разработки наибольшее интерес в отношении ПАТЭС проявлял Китай. Зарубежные компании из Юго-Восточной Азии, Республики Кабо-Верде (Острова Зеленого Мыса), Индонезии и другие также проявляют интерес к ПАТЭС, снабженным опреснительным оборудованием. В случае успешной эксплуатации ПАТЭС можно ожидать, что проект захотят реализовать страны, которым не нужны большие объемы электроэнергии и нет возможности эксплуатировать реакторные установки большой мощности. Таких страны сейчас преобладают на рынке, поэтому появление ПАТЭС малой мощности позволит большому числу стран использовать ядерную энергию [7].

Малые модульные реакторы непременно найдут свое место в будущей системе мировой атомной энергетики, поскольку обладают рядом положительных особенностей.

Во-первых, АЭС на малых модульных реакторах будут особенно востребованы в регионах планеты с малоразвитыми энергетическими сетями и децентрализованным энергообеспечением, в которых в силу природных условий невозможно полагаться исключительно на ВИЭ [8].

Во-вторых, для развивающихся стран, желающих создать собственную ядерную энергетику, но имеющих ограниченные возможности инвестирования, малые модульные реакторы будут выглядеть гораздо привлекательнее блоков-миллионников с финансовой точки зрения, поскольку их капитальные затраты значительно ниже.

В-третьих, возможности малых модульных реакторов не ограничиваются производством энергии [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Еремин А.В. Возможности малых модульных реакторов // Инновационные процессы в научной среде: Мат-лы Межд. (заочной) научно-практ. конф; под общ. ред. А.И. Вострецова. Нефтекамск: НИЦ «Мир Науки», 2021. С. 45-49.

2. Енговатов И.А., Синоюшин 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.

3. Акимов А.М., Федорова С.А., Магдыч Е.А. К вопросу применения малых модульных реакторов // Энергетические установки и технологии. 2022. Т. 8. № 1. С. 134-137.

4. Нестеров А.М., 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.

5. Костарев В.С., Ширманов И.А., Аникин А.А., Щеклеин С.Е. О возможности получения суперсверхкритических параметров пара на АЭС с реакторами на быстрых нейтронах с использованием неядерного перегрева пара // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 52-58.

6. Косолапова Н.В., Коптелов М.В. Международные тенденции ядерной политики в отношении реакторов малой мощности // Современные научные исследования и разработки. 2018. Т. 2. № 11 (28). С. 353-359.

7. Алленых М.А., Анисимова А.И. Плавающая атомная теплоэлектростанция "Академик Ломоносов" как новый вектор развития атомной энергетики // Друкеровский вестник. 2020. № 3 (35). С. 166-179.

8. Юрин В.Е. Комплексное исследование эффективности комбинирования АЭС с многофункциональной системой теплового аккумулирования // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 81-87.

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

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА ИЗ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Переход от использования традиционных источников энергии к альтернативным заметно усилился за последние 30...35 лет. Этот переход обусловлен, прежде всего, сохранением хрупкой экосистемы планеты, а также направлен на сокращение расходов по обеспечению населения электрической и тепловой энергией.

Толчком к развитию нетрадиционных источников энергии способствовало осознание того, что ресурсы, необходимые для выработки такой энергии, практически неисчерпаемы или могут быть возобновимы [1].

Поэтому, необходимо срочно осваивать, развивать и совершенствовать технологии использования возобновляемых источников энергии, что позволит, не только существенно уменьшить ущерб, наносимый экологии планеты, но и помочь природе перерабатывать отходы антропогенной деятельности. Сегодня существует достаточно много перспективных альтернативных способов получения энергии, которые обладают своими достоинствами и недостатками.

Целесообразным решением данной проблемы с точки зрения экологии, является выработка тепловой и электрической энергии из твердого, жидкого и газообразного биотоплива [2].

Биомасса – это органический материал, получаемый из растений и животных (микроорганизмов). Биомасса, получаемая из органического вещества, то есть отходы деревообрабатывающей промышленности, вторичные ресурсы агропромышленного комплекса или другие органические материалы являются важным источником энергии. Кроме того, биомасса, может быть, получена из сточных вод, водорослей, бытовых и промышленных отходов, а также энергии из них, и может быть получена путем химической обработки. Вследствие этого биомасса приобрела статус возобновляемого источника энергии [3].

В сельской местности свыше 85% энергии получают сжиганием твердого биотоплива или биомассы, представляющих собой древесные

отходы, гранулы и брикеты из лузги, соломы и других отходов сельского хозяйства.

Жидким биотопливом являются этанол и биодизель. Сырьем для получения этанола могут служить различные виды растений, с высоким содержанием углеводов. Биодизель можно получить из животных жиров или масел, а также из растений, содержащих достаточное количество кокосового, пальмового, касторового и других видов масла.

Газообразным биотопливом являются биогаз и синтез-газ. Биогаз выделяется в результате брожения биомассы без доступа воздуха и содержит метан ($\approx 65\%$), углекислый газ ($\approx 30\%$), а также незначительное количество водорода, азота и сероводорода. Синтез-газ получают из метана на промышленном предприятии по особой технологии, затрачивая на это определенное количество энергии [2].

Ведутся исследования для выявления нового ресурса, который мог бы стать альтернативой нефти. В национальной лаборатории возобновляемых источников (NREL) работают над получением биотоплива из водорослей. Водоросли являются самыми быстрорастущими растениями на земле (масса за сутки удваивается), для их роста требуется легкодоступное сырье: солнечный свет, вода и диоксид углерода. Поэтому очевидно, что одним из перспективных видом сырья для производства биотоплива являются водоросли.

Многие быстрорастущие водоросли содержат в себе большое количество масла. Биологи разработали технологии, позволяющие извлекать этот продукт из зелёной массы и перерабатывать его в дизельное топливо. Производством биодизельного топлива из микроводорослей занимаются многие страны: США, Новая Зеландия, Испания, Израиль, ЮАР, Канада, в России так же ведутся исследования по данному вопросу. Среди компаний, работающих с микроводорослями, необходимо отметить: «Life Fuels, Sandia National Laboratories, OriginOil, Desert Sweet Biofuels» [4].

Микроводоросли являются объектом интенсивных исследований во многих странах мира, лидерами в данной области являются страны ЕС и США. Основные усилия исследователей сосредоточены на следующих ключевых направлениях:

- проведение поисковых исследований с целью выявления перспективных штаммов микроводорослей для промышленного использования;

- исследование метаболических особенностей перспективных штаммов микроводорослей для определения условий максимальной продукции биомассы и липидов;

– разработка способов выращивания микроводорослей и технологий переработки получаемого сырья, в том числе обеспечивающих: высокую продуктивность по биомассе и липидам, отсутствие сторонней микрофлоры, а также минимизацию потерь при отделении биомассы от культуральной среды.

В мире существует свыше 50 000 видов микроводорослей, которые широко распространены не только в водной, но и наземной среде обитания. При этом далеко не все виды микроводорослей могут быть использованы в качестве сырья для производства биомассы, применимой для получения биотоплива. Основными критериями для использования штамма микроводоросли на производстве являются: скорость роста, продуктивность по биомассе, содержание липидов и их жирнокислотный состав. Известно, что некоторые виды микроводорослей могут содержать значительное количество липидов, например, микроводоросль *Botryococcus braunii* запасает в своих клетках до 84 % липидов от сухого веса клетки, включая углеводороды, но они при этом, как правило, обладают низкой продуктивностью [5].

Оценка энергозатратности процесса получения биодизельного топлива в лабораторных экспериментах была проведена в терминах Net energy ratio (NER) или чистых энергетических затрат. На основе собственных лабораторных экспериментов энергозатраты на процесс производства биодизеля из микроводоросли *Arthrospira platensis* с низким содержанием липидов (0,12 кг масла/кг биомассы) и продуктивностью 10 г/м²/сутки составили порядка 613 кВтч/1 кг масла. Оценка NER дала величину 66,25, что значительно превышает оценки, полученные в других исследованиях. Большие энергетические затраты в наших лабораторных экспериментах определяются методами культивирования (высокое потребление электрической и тепловой энергии при выращивании биомассы в климатических условиях России) и сбора урожая (минимальные затраты энергии при гравитационном методе фильтрации биомассы на ситах).

Поскольку зависимость чистых энергетических затрат (NER) от продуктивности и содержания липидов в МКВ линейное, то при повышении содержания липидов вдвое (до 24...25 %), что реалистично и доказано нашими экспериментальными исследованиями с двухстадийным культивированием различных видов микроводорослей, NER в нашем лабораторном эксперименте может снизиться до 33 и менее. Проведены оценки чувствительности энергоэффективности к различным факторам производственного процесса на лабораторном уровне и при промышленном производстве биодизеля [6].

Сейчас все больше и больше необходимо заменить нефть, газ и уголь биотопливом. Странники этой идеи говорят, что биотоплива меньше загрязняют атмосферу, а противники утверждают, что при сгорании биотоплив выделяются те же продукты, как и при сжигании ископаемого топлива.

Подводя итог, биотопливо имеет большой потенциал как в авиационной, так и в автомобильной промышленности. Хотя его доля на мировом топливном рынке невелика, считается, что высокая скорость внедрения биотехнологий в топливную отрасль позволит увеличить долю экологически чистого топлива до 30% за 50 лет. Это приведет к снижению выбросов углекислого газа на 2,1 млрд. тонн. Развитие новых технологических процессов, таких как переработка водорослей, станет основной причиной роста производства этого вида топлива [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Онищенко Р.А., Кузнецов Е.А. Перспектива использования биотоплива как одного из дополнительных источников энергии в омской области // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. 2017. № 1. С. 146-149.

2. Рышков В.И., Иванов С.А., Писаревский А.Ю. Получение тепловой и электрической энергии из биотоплива // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России: Материалы II Международной научной конференции. Красноярск. Красноярский государственный аграрный университет. 2022. С. 112-115.

3. Бычихин С.А., Бруев С.В., Тихомирова Т.И. Биотопливо как альтернативный источник энергии // Актуальные вопросы охраны окружающей среды: сб. докладов Всероссийской научно-технической конференции, (Белгород, 17–19 сент. 2018 г.), Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2018. С. 217-220.

4. Шмойлова А.А. Биотопливо из микроводорослей как возобновляемый источник энергии // Научные вести. 2019. Т. 6. С. 244-251.

5. Пилигаев А.В., Самойлова Ю.В., Сорокина К.Н. Современное состояние и перспективы развития производства биотоплива из микроводорослей // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2014. № 8. С. 21-27.

6. Киселева С.В., Чернова Н.И. Оценка затрат энергии при получении биотоплива из микроводорослей // Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность: Материалы IV Международного конгресса REENCON-XXI, (Сколково, 05–06 июня 2018 г.), Сколково: Объединенный институт высоких температур Российской академии наук. 2018. С. 93-97.

УДК 662.769.21

Патрикеев Д.Ю.

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

ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Металлургическая промышленность является одной из отраслей промышленности, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [1]. Это объясняется рядом факторов, важнейшими из которых являются:

- растущая потребность в объемах и разнообразии продукции, выпускаемой металлургическими предприятиями;
- необходимость вовлечения в переработку сырья с низким содержанием ценных компонентов, что приводит к росту отходов;
- быстрый износ технологического оборудования и отставание темпов технического перевооружения действующих предприятий, построенных в довоенные и послевоенные годы.

Особую роль в загрязнении окружающей среды играют гиганты черной металлургии с полным технологическим циклом, выбрасывающие в атмосферу более 65% оксида углерода, более 15% твердых мелко и тонкодисперсных твердых частиц, около 11% диоксида серы и более 5% оксидов азота от всех выбросов этих веществ в атмосферу. В табл. приведены данные по пылегазовым выделениям основных производств черной металлургии.

Предприятия черной металлургии с полным технологическим циклом представляют собой сложный комплекс производственных объектов, использующих различные технологические процессы, при осуществлении которых в окружающую среду выбрасываются различные загрязняющие вещества.

На долю предприятий черной металлургии приходится 15...20% общих загрязнений атмосферы промышленностью, что составляет

более 10,3 млн. т. вредных веществ в год, а в районах расположения крупных металлургических комбинатов доходит до 50%. В среднем на 1 млн. т годовой производительности заводов черной металлургии выделение пыли составляет 350, оксида углерода 400, оксида азота – 42 т/сутки [2]. Ежегодное поступление в атмосферу сернистого газа оценивается экологами в объеме 100...150 млн. т. С его выбросами связано образование так называемых кислотных осадков, которые наносят большой вред растительному и животному миру, разрушают различные сооружения, памятники архитектуры [3].

Помимо вышеуказанных веществ, образующихся при осуществлении различных технологических процессов металлургического производства, при агломерации железорудных концентратов могут образовываться диоксины и фураны, в доменном производстве - сероводород и оксиды азота, в коксохимическом производстве - пириди-новые основания, фенол, ароматические углеводороды, аммиак, 3...4 бенз(а)пирен. При производстве ферросплавов в электродуговых печах в окружающую среду выбрасывается пылегазовая смесь, содержащая оксиды железа, меди, цинка, свинца, хрома и т. п. При этом шестивалентный хром обнаруживается на расстоянии до 3 км от места выброса.

Таблица 1 – Пылегазовые выделения основных производств предприятий черной металлургии до их очистки

Составляющие выбросов	Агломерационное производство, кг/т агломерата	Доменное производство, кг/т чугуна	Сталеплавильное производство, кг/т стали	Прокатное производство
Пыль	20...25	100...106	13...32	0,1...0,2 кг/т проката
Оксид углерода	20...50	600...605	0,4...0,6	0,7 т/м поверхности металла
Оксиды серы	3...25	0,2...0,3	0,4...35	0,4 т/м поверхности металла
Оксиды азота			0,3...3,0	0,5 т/м поверхности металла
Сероводород		10...60		
Аэрозоли травильных растворов				В травильных отделениях
Пары эмульсии				При металлообработке

В литейных цехах при изготовлении форм и стержней в воздушный бассейн выбрасываются токсичные парогазовые смеси, содержащие фенол, формальдегид, фуриловый и метиловый спирты, аммиак, бензол и пары серной кислоты.

Этим во многом объясняется неблагоприятная экологическая обстановка в ПР с развитой металлургической промышленностью и особенно в промышленных узлах таких городов, как Магнитогорск, Челябинск, Нижний Тагил, Липецк, Новокузнецк и др.

Цветная металлургия также вносит значительный вклад в загрязнение атмосферы, выбрасывая ежегодно около 3000 тыс. г загрязняющих веществ. Предприятия цветной металлургии выбрасывают в атмосферу около 75% диоксида серы, около 10% оксида углерода и 10% твердых пылевидных частиц.

Вырабатываемые металлы сами по себе оказывают отрицательное воздействие на живые организмы. Так, несмотря на участие алюминия в клеточных и метаболических процессах, протекающих в нервной системе и в других тканях, его регенерирующие и прочие важные биологические функции, избыток данного металла угнетает иммунную систему. Аналогична ситуация и с тяжёлыми металлами (к их числу, как правило, относят все металлы тяжелее железа) – до некоторого предела каждый из них необходим живым организмам для нормального развития и функционирования нервной, кровеносной и других систем, но после превышения некой границы концентраций, тяжёлые металлы становятся токсичными. Например, кадмий приводит к серьёзным костным заболеваниям и значительно влияет на функционирование почек, вдыхание паров ртути является причиной заболеваний дыхательной и пищеварительной системы, избыток свинца поражает нервную и кровеносную системы, отрицательно влияет на генетический аппарат и т. д. Кроме того, сельскохозяйственная продукция также в значительной степени подвержена негативному воздействию тяжёлых металлов, особенно на стадии активного роста. Более того, некоторые из них обладают эффектом синергизма, что в ещё большей степени влияет на качество сельхозпродукции и, в конечном счёте, на здоровье потребителей, а также на экономические показатели. Наконец, некоторые представители группы тяжёлых металлов выступают в роли катализаторов образования таких ядов, как мышьяк, а также могут вызывать коррозию [4].

В связи со всеми перечисленными выше факторами негативного влияния металлургической промышленности на экологию, в частности на почву, необходимо предпринимать меры, как способствующие снижению выбросов – фильтрация выбросов в атмосферу [5], так и

очистке сточных вод и комплексной переработке образующихся отходов. Следует также при строительстве или реконструкции металлургических предприятий шире внедрять наилучшие доступные технологии [6], которые помогут уменьшить количество выбросов вредных веществ в атмосферу, сбросов технических вод в водные объекты и загрязнение почвенного слоя. Эти мероприятия позволят значительно улучшить экологическое состояние окружающей среды как в районах размещения предприятий металлургической промышленности, так и на прилегающих к ним территориях [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козлов А.И., Полуянов В.П. Влияние производственной деятельности на экологию окружающей среды // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 118-123.

2. Леонов Л.И., Юсфин Ю.С., Черноусов П.И. Отходы: Воздействие на окружающую среду и пути утилизации // Экология и промышленность России. 2003. № 3. С. 32-35.

3. Торп Б. Путеводитель по экологически чистому производству // Волна. 2011. № 2. С.15-21.

4. Коряков А.Е., Шишкина А.А., Шишкина П.А. Влияние предприятий металлургической промышленности на окружающую среду и здоровье человека // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. Вып. 7. С. 275 – 278.

5. Полуянов В.П. Организация наблюдения и контроля за экологией окружающей среды // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 116-120.

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.

7. Коряков А.Е., Шишкина А.А., Шишкина П.А. Воздействие предприятий металлургической промышленности на почву и пути его снижения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. Вып. 9. С. 371 – 375.

Патрикеев Д.Ю.

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

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С БИНАРНЫМ ЦИКЛОМ

Применение альтернативных возобновляемых источников энергии (ВИЭ) (ветровой, солнечной, геотермальной, морских приливов и т. д.) весьма актуально [1] так как на сегодняшний день, большая часть произведенной энергии, получена в результате сжигания органического топлива, что в свою очередь наносит значительный вред окружающей среде. Также актуальность применения ВИЭ объясняется тем, что запасы органического топлива имеют свои пределы [2, 3].

Геотермальные источники энергии делятся на пять типов:

1) месторождения геотермального сухого пара (преимуществом является то, что эти месторождения сравнительно легко разрабатываются, а недостатком, то, что они довольно редки; несмотря на это, около 50% всех действующих в мире геотермальных теплоэлектростанций (ГеоТЭС) использует тепло именно этого источника);

2) источники влажного пара (получаемого в результате смешения горячей воды и пара);

3) месторождения геотермальной воды (представляют собой геотермальные резервуары, образующиеся в результате наполнения подземных полостей атмосферными осадками и нагревания близко лежащей магмой);

4) сухие горячие скальные породы, разогретые магмой (находятся на глубинах более 2 км; запасы энергии этих пород достаточно велики);

5) магма, которая представляет собой горные породы, которые в результате нагревания до температуры около 1300 °С расплавились.

Данная классификация была разработана Международным энергетическим агентством [4].

Геотермальная электростанция – это электростанция, которая преобразует внутреннюю тепловую энергию Земли в электрическую энергию. Количество тепловой энергии в недрах нашей планеты оценивается в $42 \cdot 10^{12}$ Вт тепла, из которых 2% поглощается в коре и 98% – в мантии и ядре. Поглощенная земной корой тепловая энергия, является потенциально доступной. Количество этого тепла оценивается

приблизительно в $84 \cdot 10^{10}$ Вт, что эквивалентно 1,9 млрд т условного топлива в год [5].

США. Индонезия и Япония выделяются среди крупнейших держателей геотермальных запасов в мире. Установленная геотермальная мощность в Японии остается менее половины, чем в других двух странах, поэтому пространство для развития значительно велико. Стоимость производства геотермальной энергии составляет около 10 иен (около 10 центов США) за кВт*ч. что ниже уровня газовой мощности.

В Японии есть много действующих вулканов в пределах своей узкой национальной территории и., следовательно, имеет множество геотермальных ресурсов под землей. Эти ресурсы могут составлять до 23470000 кВт электроэнергии, что эквивалентно потреблению энергии 40 миллионами обычных домохозяйств. Однако только два процента из них фактически используются для выработки электроэнергии [6].

Эффективной зоной для возведения геотермальных объектов являются края континентальных плит, так как толщина коры в этих местах минимальна.

Принцип работы геотермальной электростанции: вода через скважины закачивается глубоко под землю, где горные породы располагают большим количеством тепловой энергии. Просачиваясь в их трещины и полости, вода получает от породы часть тепла и нагревается, в последствии превращаясь в пар. Далее, по другой скважине водяной пар поступает на электростанцию, где с помощью турбогенератора преобразует свою энергию в электрическую [4].

На сегодняшний день действуют три типа ГеоЭС:

1) станции, работающие на перегретом паре (геотермальный пар напрямую используется для вращения турбин);

2) станции, работающие на парогидротермах (горячая вода, находящаяся в глубоких слоях под высоким давлением, закачивается в резервуары при сниженном давлении, где она превращается в пар, который в свою очередь вращает турбину);

3) станции с бинарным циклом [4].

На геотермальных электростанциях с бинарным циклом природный пар из скважины подается в паропреобразователь, в котором испаряет вторичный теплоноситель. Вторичный пар поступает в конденсационную турбину. Отработанный пар превращается в воду в конденсаторе. Неконденсирующиеся газы либо выбрасываются в окружающую среду, либо направляются в химзаводы.

Сегодня существует достаточное количество ГеоЭС, которые используют тепло низкоэнталийных гидротермальных источников, в

которых реализован органический цикл Ренкина (ОЦР). Температура воды в гидротермальных источниках находится в пределах от нескольких десятков до 300 °С. В 1965 году советские ученые С. С. Кутателадзе и А. М. Розенфельд получили патент на получение электрической энергии из горячей воды с температурой более 80 °С. В 1967 году в СССР на Камчатке была построена и пущена в опытно-промышленную эксплуатацию первая в мире ГеоЭС с бинарным циклом (фреоновая энергетическая установка УЭФ-90/05) – Паратунская ГеоЭС, мощностью 670 кВт, с применением фреона (R12) в качестве рабочего тела паросиловой установки. Греющей средой для установки служила геотермальная вода Средне-Паратунского месторождения с температурой 80 °С [7].

Технологическая схема Паратунской ГеоЭС (рисунок 1) реализует органический цикл Ренкина, который совершается низкокипящим рабочим телом (R12) в закрытом теплосиловом контуре, в котором за счет тепловой энергии термальной воды образуется пар заданных параметров.

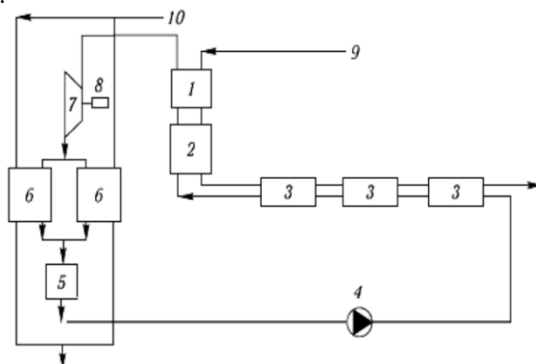


Рис. 1 Схема Паратунской бинарной ГеоЭС: 1 – пароперегреватель; 2 – испаритель; 3 – подогреватели низкокипящего рабочего агента; 4 – питательный насос; 5 – ресивер; 6 – конденсаторы; 7 – турбина; 8 – генератор; 9 – вход горячей термальной воды; 10 – вход охлаждающей воды

В соответствии со схемой (рисунок 1) жидкий фреон питательным насосом 4 подается последовательно в три подогревателя 3, испаритель 2 и пароперегреватель 1 поверхностного типа. После пароперегревателя 1 фреоновый пар с давлением 1,4 МПа и температурой 75°С направляется в турбину 7, где расширяется до конечного давления 0,5 МПа и при температуре 15°С конденсируется в поверхностном конденсаторе 6. Жидкий фреон поступает через промежуточный ресивер 5 к питательным насосам 4, и цикл повторяется [8].

Сегодня бинарные ГеоЭС в России могут быть экономически эффективными если термальна́я вода имеет температуру от 70 °С до 200°С. На сегодняшний день бинарные ГеоЭС работают во многих странах, и их суммарная мощность превышает 500 МВт. В настоящее время за рубежом несколько компаний (в первую очередь израильская фирма "Ормат") наладили серийное производство бинарных энергоустановок на органических рабочих телах (изобутан, изопентан) единичной мощностью 1,5–4 МВт [9].

Преимуществами ГеоТЭС с бинарным циклом являются:

– они позволяют быстро и надежно обеспечивать электрической энергией поселки и небольшие города, который находятся на большом расстоянии от центральных районов, особенно в северных районах страны;

– так как бинарная ГеоЭС является замкнутой системой, выбросы в окружающую среду практически отсутствуют;

– вода с умеренной температурой являются наиболее распространенным геотермальным ресурсом, следовательно, большинство будущих геотермальных электростанций будут работать на этом принципе.

Сегодня в России открываются большие перспективы использования бинарных ГеоЭС блочного типа мощностью от 100 кВт до 12 МВт для районов, где имеется горячая геотермальна́я вода.

В России за последние 20 лет было разработано и изготовлено оборудование для ГеоЭС, построены и эксплуатируются 11 геотермальных энергоблоков различных типоразмеров мощностью от 0,5 до 25,0 МВт, использующих геотермальна́й теплоноситель с температурой от 120 до 160°С [10].

Россия располагает огромными запасами геотермальна́й теплоты. В северных районах Дальнего Востока, и особенно на Камчатке и Курильских островах, достаточно подземных источников тепловой энергии для того, чтобы полностью обеспечить теплом и электрической энергией большие районы. Возможность использования различных температурных режимов и климатических условий окружающей среды позволяет эффективно производить электроэнергию с помощью бинарных энергоустановок на углекислом газе и пропане [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саликеева С.Н., Галеева Ф.Т. Обзор методов получения альтернативной энергии // Вестник Казан. технол. ун-та, 2012. Т. 15. № 8. С. 57-59.

2. Гашо Е.Г., Киселева А.И., Темеров А.В. Практика внедрения гибридных систем теплоэнергоснабжения в России // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 13-18.

3. 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.

4. Говорушко С.М. Геотермальные электростанции и экологические последствия их эксплуатации // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2011. № 4 (96). С. 43-47.

5. Говорушко С. М. Экологические последствия использования энергии океана // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2011. № 1. С. 51-57.

6. Бруев С.В., Бычихин С.А., Тихомирова Т. И. Использование геотермальной энергии на примере Японии // Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. С. 214-217.

7. Огуречников Л.А. Геотермальные ресурсы в энергетике // Альтернативная энергетика и экология. 2005. № 11. С. 58–66.

8. Гафуров А. М., Осипов Б. М., Гафуров Н. М., Гатина Р. З. Перспективы использования бинарных циклов в утилизации низкопотенциальной теплоты на геотермальных электростанциях // Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 5-6. С. 14-24.

9. Гафуров А. М. Зарубежный опыт эксплуатации установок на низкокипящих рабочих телах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2014. Т. 24., № 4 (24). С. 26–31.

10. Томаров Г.В., Никольский А. И., Семенов В.Н., Шипков А.А. Тенденции и перспективы развития геотермальной энергетики // Теплоэнергетика. 2012. № 11. С. 26–35.

УДК 62-97

Прокашев Н.М.

***Научный руководитель: Шемпелев А.Г., д-р техн. наук, проф.
Вятский государственный университет, г. Киров, Россия***

АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДЕННОЙ ВОДЫ НА ВЫХОДЕ ИЗ ГРАДИРНИ

Определение температуры охлажденной воды на выходе из градирни является достаточно актуальным исследованием, так как алгоритм расчёта можно использовать для автоматизации

технологических процессов в градирне, исследования вопроса эффективности охлаждения, расчёта теплотехнических характеристик градирен. Температура охлажденной воды на выходе из градирни определяется для градирен башенного типа, которые имеют достаточно широкое распространение и обеспечивают устойчивый охлаждающий эффект.

Постановка задачи. Необходимо определить температуру охлажденной воды на выходе из башенной пленочной градирни в случае противотока упрощенным методом. Для расчёта будет использоваться методика теплового расчета охладителей [1] и нормативные характеристики из СНиП 2.04.02-84 [2].

Описание алгоритма расчёта

Алгоритм расчёта градирни состоит из 7 основных блоков, представленных на (рисунке 1).

1. Задаются начальными данными:

t_1 – температура, поступающей в охладитель воды, °С;

G_v – расход воздуха (из технических характеристик градирни, для башенных пленочных градирен принимается равным теоретическому), кг/час или м³/час;

$G_{ж}$ – гидравлическая нагрузка охладителя (количество охлаждаемой воды) (из технических характеристик градирни), кг/час или м³/час;

γ_v – удельный вес воздуха, кг/м³, который определяется по таблице определения физических констант сухого воздуха при давлении 1 атм. [1, с. 425];

ω_v – скорость воздуха в оросительном устройстве, м/сек;

q – плотность орошения (из технических характеристик градирни), м³/м² час;

P_0 – барометрическое давление, кПа;

ϕI – относительная влажность атмосферного воздуха, % (доли единицы);

v_1 – температура атмосферного воздуха по сухому термометру, °С;

Данные, определяемые из конструктивных характеристик градирни:

h – высота щитов градирни, м;

s – ширина доски в щитовой конструкции градирни, м;

c – ширина зазора в щитовой конструкции градирни, м;

b – расстояние между щитами, м.

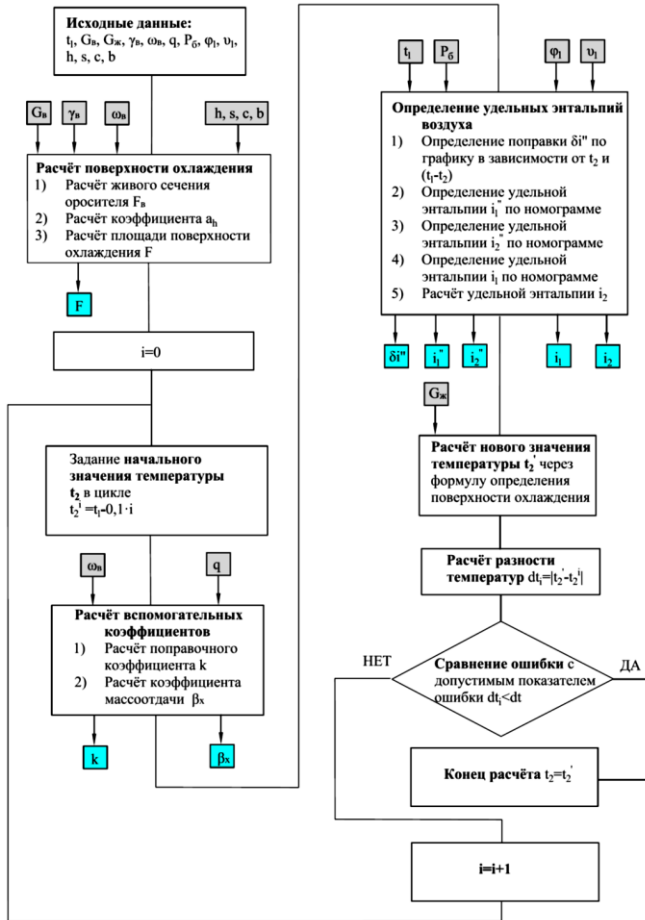


Рис. 1 Блок-схема алгоритма расчёта градирни

2. Расчёт поверхности охлаждения:

Рассчитываем живое сечение оросителя F_B [1, с. 325], m^2 :

$$F_B = \frac{G_B}{3600 \cdot \gamma_B \cdot \omega_B}. \quad (1)$$

Для расчёта площади поверхности охлаждения F необходимо будет рассчитать коэффициент a_h , учитывающий влияние вертикальных

зазоров между досками щита (при сплошных щитах равный 1) [1, с. 326]:

$$a_h = \frac{s+c}{s+\sigma \cdot c}, \quad (2)$$

где σ – поправочный коэффициент на охлаждение капель или струек в зазорах, принимается равным 0,3...0,5.

Далее рассчитываем площадь поверхности охлаждения F , м², преобразуя формулу для расчёта высоты щитов пленочной градирни [1, с. 326]:

$$F = \frac{2 \cdot h \cdot F_B}{a_h \cdot b}. \quad (3)$$

3. Задание начального значения температуры t_2 в цикле

Перед проведением данного расчёта необходимо будет предварительно задаться величиной t_2 .

Разность температур в градирне:

$$\Delta t = t_1 - t_2, \quad (4)$$

для пленочной градирни данная разность составляет $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ [1, с.264].

Шаг расчёта можно будет принять равным $\partial = 0,1^\circ\text{C}$.

Таким образом температура t_2 может принимать следующие значения:

$$t_2^i = t_1 - \Delta t = t_1 - \partial \cdot i = t_1 - 0,1 \cdot i, \quad (5)$$

где i принимает значения от 1 до 100.

4. Расчёт вспомогательных коэффициентов

Коэффициент массоотдачи k принимается равным в зависимости от заданной выше температуры охлажденной воды t_2 по следующему графику $k=f(t_2)$ [1, с. 326]:

Также коэффициент k можно вычислить по формуле:

$$k = -0,0018 \cdot t_2 + 1,002. \quad (6)$$

Используя теорию теплообмена при испарительном охлаждении, можно определить соотношение между коэффициентами тепло- и массо- отдачи [1, с.44]:

$$\frac{\alpha}{\beta_x} = c_{\text{вл}}, \quad (7)$$

где α – коэффициент теплоотдачи;

$c_{\text{вл}}$ – теплоемкость влажного воздуха, отнесенная к 1 кг содержащегося в нем сухого воздуха, данная величина меняется в узких пределах и составляет около 0,25 ккал/град·кг [1, с.44];

β_x – коэффициент массоотдачи, отнесенный к разности влагосодержаний, кг/м²·час.

Таким образом, можно вычислить значение коэффициента массоотдачи через коэффициент теплоотдачи α :

$$\beta_x = \frac{\alpha}{c_{\text{вл}}} = \frac{\alpha}{0,25}. \quad (8)$$

Теперь требуется найти коэффициент теплоотдачи α [1, с.54]:

$$\alpha = 7,1 \cdot w_B^{0,7} \cdot q^{0,7}. \quad (9)$$

Подставляя формулу для нахождения коэффициента теплоотдачи α в формулу для получения коэффициента массоотдачи получаем следующую формулу для окончательного расчёта коэффициента массоотдачи β_x , кг/м²·час:

$$\beta_x = \frac{\alpha}{0,25} = \frac{7,1 \cdot w_B^{0,7} \cdot q^{0,7}}{0,25} = 28,4 \cdot w_B^{0,7} \cdot q^{0,7} \quad (10)$$

5. Определение удельных энтальпий воздуха

Поправка $\delta i''$ определяется в зависимости от значения температуры охлажденной воды t_2 и температурного перепада Δt , то есть $\delta i'' = g(t_1, t_2)$ по графику зависимости [1, с. 323].

Величины i_1'', i_2'', i_1 определяются по номограмме следующим способом [2, с. 32]:

i_1'' – удельная энтальпия воздуха [2, с.162], определяется в зависимости от величин t_1 и P_6 при $\varphi=100\%$, ккал/кг;

i_2'' – удельная энтальпия воздуха [2, с.162], определяется в зависимости от величин t_2 и P_6 при $\varphi=100\%$, ккал/кг;

i_1 – удельная энтальпия воздуха [2, с.162], определяется в зависимости от величин v_1 , φ_1 и P_6 , ккал/кг;

i_2 – удельная энтальпия воздуха [2, с.162], определяется по следующей формуле [1, с.324], ккал/кг:

$$i_2 = i_1 + \frac{\Delta t}{k \cdot \lambda} = i_1 + \frac{(t_1 - t_2) \cdot G_{\text{ж}}}{k \cdot G_B}. \quad (11)$$

6. Расчёт нового значения температуры t_2'

Для определения связи между температурами t_1 и t'_2 используется формула для определения поверхности охлаждения [1, с. 323]:

$$F = \frac{G_{ж} \cdot \Delta t}{k \cdot \beta_x \cdot \Delta i_{cp}} \quad (11)$$

Отсюда получаем связь между температурами t_1 и t_2 :

$$F = \frac{G_{ж} \cdot (t_1 - t_2)}{k \cdot \beta_x \cdot \Delta i_{cp}}, \quad (12)$$

$$F \cdot k \cdot \beta_x \cdot \Delta i_{cp} = G_{ж} \cdot (t_1 - t_2), \quad (13)$$

$$t_1 - t_2 = \frac{F \cdot k \cdot \beta_x \cdot \Delta i_{cp}}{G_{ж}}, \quad (14)$$

$$t'_2 = t_1 - \frac{F \cdot k \cdot \beta_x \cdot \Delta i_{cp}}{G_{ж}}. \quad (15)$$

В случае противотока величина Δi_{cp} определяется следующим образом [1, с. 323]:

$$\Delta i_{cp} = \frac{\Delta i_1 - \Delta i_2}{2,3 \cdot \ln \frac{\Delta i_1 - \delta i''}{\Delta i_2 - \delta i''}}, \quad (16)$$

где $\Delta i_1 = i_1'' - i_2$ – разность теплосодержаний воздуха на стороне входа воды, ккал/кг;

$\Delta i_2 = i_2'' - i_1$ – разность теплосодержаний воздуха на стороне выхода воды, ккал/кг;

Величину Δi_{cp} таким образом можно выразить через удельные энтальпии воздуха:

$$\Delta i_{cp} = \frac{i_1'' - i_2'' + i_1 - i_2}{2,3 \cdot \ln \frac{i_1'' - i_2'' - \delta i''}{i_2'' - i_1 - \delta i''}}. \quad (17)$$

Подставляя полученные значения в формулу (15) получим следующее выражение для расчёта нового значения температуры t'_2 :

$$t'_2 = t_1 - F \cdot k \cdot \beta_x \cdot \frac{i_1'' - i_2'' + i_1 - i_2}{2,3 \cdot G_{ж} \cdot \ln \frac{i_1'' - i_2'' - \delta i''}{i_2'' - i_1 - \delta i''}}. \quad (18)$$

7. Расчёт разности температур и сравнение ошибки

Если модуль разности заданного на шаге 3 значения t'_2 и вычисленного в шаге 6 значения t_2 меньше допустимого показателя ошибки dt , то расчёт прекращается и искомая температура t_2 найдена:

$$dt_i = |t'_2 - t_2^i|; \quad (19)$$

если $dt_i < dt$, то $t_2 = t_2^i$.

Если неравенство не выполняется, то предполагается дальнейшее изменение значения t_2^i по формуле:

$$i = i + 1; \quad (20)$$

$$t_2^i = t_1 - 0,1 \cdot i. \quad (21)$$

Представленный алгоритм расчёта благодаря совместному использованию метода теплового расчёта и нормативных характеристик имеет относительно несложную реализацию, позволяет производить расчёты с установленной заранее погрешностью, а также для расчёта требуется минимальное количество исходных данных. По сравнению с методом теплового расчёта охладителей без использования нормативных характеристик, представленный в статье алгоритм расчёта можно использовать не только для расчёта поверхности охлаждения и определения конструкции оросителя, но и для нахождения температуры охлажденной воды на выходе из градирни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Испарительное охлаждение циркуляционной воды [Текст] / Л. Д. Берман. - Москва; Ленинград: изд-во и тип. Госэнергоиздата, 1949 (Москва). - 440 с., 3 л. черт.: ил., черт.; 23 см.

2. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02- 84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.») // ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. М.: ЦИТП. 1989.

УДК 536.2

Русанов Е.С.

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

ВИДЫ И РЕЖИМЫ ТЕПЛОМАСООБМЕНА

В реальных условиях теплообмен является сложным процессом. С целью облегчения его исследования и упрощения получаемых зависимостей вводится представление простых разновидностей

теплообмена – теплопроводности (или кондукции), конвекции и лучистого теплообмена.

При теплопроводности перенос теплоты происходит в результате соударений и диффузии частиц тел, а также квантов упругих колебаний их кристаллических решеток – фононов – при макроскопической неподвижности всей массы вещества. В более истинном варианте теплопроводность можно видеть в твёрдых телах и тонких неподвижных слоях жидкости и газа. В сплавах и полупроводниках теплообмен происходит за счёт соударений и диффузии сводных электронов, а также упругих колебаний кристаллической решетки, т.е. теплопроводность складывается из двух слагаемых - электронной и фоновой. В сплавах вторая слагающая незначительна, в полупроводниках она больше, но в диэлектриках – считается главной [6].

При конвекции перенос теплоты совершается вместе с перенесением вещества в результате беспрепятственного либо принуждённого макроскопического движения всей его массы. По этой причине конвекция вероятна только в жидкостях. Беспрепятственное перемещение осуществляется под действием разности плотностей, нагретых и холодных частей жидкостей, вынужденное – под действием внешних сил, создаваемых с помощью насосов, компрессоров, вентиляторов и т.п.

Теплообмен между твёрдым телом (к примеру, стенкой трубы) и жидкостью осуществляется конвекцией в массе жидкости, находящейся вдали от стенки, и теплопроводностью с конвекцией через пограничный слой. Такой вид теплообмена в отличие от конвекции называют конвективной теплоотдачей [1, 2].

При теплообмене излучением (называемом также лучистой или радиационной теплоотдачей) тела никак не соприкасаются друг с другом и перенос теплоты между ними при наличии разности температур $T_1 > T_2$ осуществляется с помощью электромагнитной энергии. Совершается двойственное преобразование энергии – в теле с T_1 теплота преобразуется в излучение – носитель электромагнитной энергии, а в теле с T_2 в следствии поглощения излучения электромагнитная энергия снова преобразуется в теплоту [7].

Вероятны любые сочетания из трёх отмеченных простых разновидностей теплообмена. Такой сложный теплообмен, постоянно обладающей ролью в реальных условиях, называется собственно теплопередачей. Образцом служить теплообмен между топочными газами в паровом котле и водой, перемещающейся по трубам, расположенным в топке и газоходах. Передача теплоты от факела

горящего топлива к наружным поверхностям стенок труб осуществляется лучеиспусканием, от горячих газов к этим поверхностям - конвективной теплоотдачей, через стенки труб – теплопроводностью, а от внутренних стенок к воде – конвективной теплоотдачей [6].

В принципе для любого простого вида теплообмена можно найти своё выражение удельного теплового потока, которое для одномерного стационарного течения имеет вид, Вт/м²:

$$q = \Delta T / R_T, \quad (1)$$

где R_T – сопротивление проводимости теплоты, зависящее от особенностей данного вида теплообмена: при теплопроводности $R = \lambda / \delta$, где λ – коэффициент теплопроводности, а δ – толщина стенки; При конвективной теплоотдаче $R = 1 / \alpha_k$, а при теплоотдачей лучеиспусканием $R = 1 / \alpha_l$. Здесь α_k и α_l – соответственно коэффициенты конвективной и лучистой теплоотдачи. В данном случае теплопроводности T относят к поверхностям стенки, при конвективном теплообмене – к жидкости и поверхности стенки, а при лучистом - к поверхностям, участвующим в теплообмене [3].

Тогда для сложного теплообмена - теплопередачи через плоскую стенку:

$$q = - \frac{I}{\sum R} \Delta T = - \left(\frac{I}{\alpha'_k + \alpha'_l} + \frac{I}{\alpha'_k + \alpha'_l} + \sum \frac{\delta}{\lambda} \right)^{-1} \cdot \Delta T = k_T \cdot \Delta T, \quad (2)$$

где $k_T = I / \sum R$ – коэффициент теплопередачи [3, 6].

При стационарном, или установившемся, режиме теплообмена температура со временем не меняется.

Нестационарный режим теплообмена попадает на практике при нагревании или охлаждении тел, к примеру, при пуске и остановке котла, ядерного реактора и т.п., а также в случае переменного характера процессов выделения теплоты, например, в поршневых двигателях. (В крайнем случае из - за периодичности процесса путём введения средних значений величин можно анализировать режим как стационарный).

Нестационарный режим связан с изменением энтальпии во времени, а значит, он определяется способностью тела проводить теплоту (то есть величиной k_T) и объемной теплоёмкостью при постоянном давлении c'_p . Поэтому скорость изменения температуры должна быть пропорциональной отношению k_T / c'_p [8].

Определить жёсткую взаимосвязь между изменением температуры и количеством переданной теплоты можно только для твёрдых тел, то есть для теплопроводности. При нагревании и охлаждении жидкостей возникает конвекция, которая приводит к выравниванию температуры, что даёт возможность сказать о изменении во времени лишь средней температуры жидкости. По этой причине нестационарный режим рассматривают обычно только применительно к теплопроводности. В этом случае $k_T = \lambda$, а объёмную теплоёмкость удобнее заменить массовой $c_p = c'_p/\rho$, где ρ – плотность материала, из которого состоит тело [5].

Отношение

$$\alpha = \lambda/(pc_p), \quad (3)$$

называют коэффициентом температуропроводности; он характеризует степень нестационарности режима.

При изучении массообмена различают два его элементарных вида:

1. Массопроводность, при которой перенос массы происходит путём молекулярной диффузии.

2. Конвективный массообмен, или массоотдачу, происходящую путём вихревой диффузии в жидкостях.

Удельный поток массы при одномерном стационарном течении [кг/(с · м)]:

$$m = \frac{\Delta C}{R}, \quad (4)$$

где ΔC – разность концентраций вещества в начале и конце участка; $R = \delta/D$ – сопротивление массопроводности, δ – расстояние между началом и концом участка в направлении, перпендикулярном движению вещества, а D – коэффициент диффузии (сопротивление массоотдачи), $R = I/\beta$ – коэффициент массоотдачи.

Так же, как и теплообмен, массообмен может протекать в стационарном и нестационарном режимах [4].

В данной статье изучены виды тепломассообмена. В также в качестве сложного теплообмена рассмотрен теплообмен в топочном устройстве парового котла. Были рассмотрены формулы сложного и простого теплообмена, а также представлены формулы для расчёта массообмена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарев А.В., Бычихин С.А. Анализ способов интенсификации конвективного теплообмена в теплообменных аппаратах с трубчатými теплообменными поверхностями // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 325-327.
2. Кузнецов В.А., Трубаев П.А. Конвективная теплоотдача пристенного слоя турбулентных газов // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 31–38.
3. 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.
4. Кафаров В. В. Основы массопередачи. М.: Высшая школа, 1979. 439 с.
5. Лоханский Я.К. Основы вычислительной гидромеханики и тепломассообмена. М.: МГИУ, 2008. 80 с.
6. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. 344 с.
7. Цветков Ф.Ф., Салохин В.И. Теплообмен излучением. Задачи и упражнения / Под ред. В.Ю. Демьяненко. М.: Изд-во МЭИ, 1997. 64 с.
8. Сабуров Э. Н. Стационарная теплопроводность тел простейшей формы. Архангельск: РИО АЛТИ, 1986. 40 с.

УДК 662.6.9

Русанов Е.С.

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

СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Эффективность источников энергии (ИЭ) определяется величиной запасов на Земле, их возобновляемостью, энергоёмкостью, способностью сохраняться и транспортироваться, токсичностью ИЭ и продуктов его использования, агрегатным состоянием, степенью превращаемости в полезные формы энергии и т. п. Роль каждого из этих

показателей в оценке эффективности ИЭ зависит от области применения и других факторов.

Энергоёмкость ИЭ можно оценивать коэффициентом относительной энергоёмкости, представляющим собой отношение энергоёмкости 1 г данного ИЭ (e) к максимально возможной энергоёмкости 1 г вещества, пропорциональной массе, $e_0 = m \cdot c^2 \approx 9 \cdot 10^{13}$ Дж $\approx 25 \cdot 10^7$ кВт \cdot ч:

$$\eta_{0.э} = \frac{e}{e_0} = \frac{e}{9 \cdot 10^{13}}, \quad (1)$$

Например, для термоядерных топлив $\eta_{0.э} \approx 0,7\%$, для ядерных $\eta_{0.э} \approx 0,09\%$, для химических $\eta_{0.э} \approx 5 \cdot 10^{-9}\%$. Легко заметить, что отношения $\eta_{0.э} = e/e_0$ численно равно дефекту масс Δm , т. е. $e = e_0 \cdot \Delta m$. Отсюда получается, что 1000 т нефти эквиваленты по энергоёмкости 72 г термоядерного топлива, или 550 г урана [7].

Топлива, строго говоря, следует назвать вещество или совокупность веществ, энергии связи микрочастиц, которых поддается освобождению. Наиболее распространённые топлива – химические – состоят из горючего и окислителя. Однако, поскольку сотни лет в качестве окислителя использовался только даровой атмосферный воздух, топливами в промышленном теплотехнике называют часто горючее – уголь, нефть, природный газ и т. п. [6].

Обычно энергия топлива освобождается в процессе горения в виде теплоты. Количество теплоты, выделявшееся на 1 кг или на 1 м³ топлива (горючего), называют теплотой сгорания топлива (горючего) Q_v . В реальных условиях большинстве случаев не дается использовать всю теплоту сгорания Q_v , поскольку частью её уносится с парами воды в продуктах сгорания (при $t = 150 \div 400$ °С) виде скрытой теплоты парообразования Q_w . Поэтому теплоту сгорания Q_v называют высшей, а разность – нижней теплотой сгорания Q_n .

$$Q_n = Q_v - Q_w, \quad (2)$$

Для упрощения оценки общего расхода различных энергоресурсов пользуются понятием условного топлива, для которого принимают $Q_n = 7000$ ккал/кг $\approx 29\,300$ кДж/кг (примерно средняя величина для различных сортов угля и продуктов переработки нефти) [1, 4].

Эффективность работы генераторов полезной энергии (ГПЭ) Зависит не только от теплового эффекта той или иной реакции, но и от

свойств РТ, которое при этом образуется (химические топлива) или заранее выбирается (ядерные и другие ИЭ).

Энергетическая эффективность ГПЭ оценивается энергетической экономичностью и удельной мощностью. Сущность рабочего процесса ГПЭ можно выразить зависимостью:

$$dW_e = \eta_{\text{ГПЭ}} dE', \text{ или } W_e = \eta_{\text{ГПЭ}} E', \text{ или } N_e = \eta_{\text{ГПЭ}} E' / \tau, \quad (3)$$

где W_e и N_e – соответственно действительная, или эффективная, полезная работа и полезная мощность (работа в единицу времени); E' – действительно израсходованное количество энергии источника; $\eta_{\text{ГПЭ}}$ – показатель экономичности – К. П. Д. ГПЭ; τ – время работы ГПЭ [2].

Энергии источника в реальных условиях по различным причинам не используется полностью, а кроме того, применяются и даровые ИЭ, черпаемые из окружающей среды. Это требует введения ещё одного коэффициента – эффективности использования ИЭ:

$$\eta_{\text{ИЭ}} = \frac{E'}{E_{\text{зап}}} = \eta'_{\text{ИЭ}} \cdot \eta''_{\text{ИЭ}}, \quad (4)$$

где E' – количество действительно поступающей к ГПЭ энергии, $E' = E_{\text{зап}} + E_{\text{о.с}}$; $E_{\text{зап}}$ – энергия источников, запасаемых заранее (ядерное, химическое топливо и т.п.), а $E_{\text{о.с}}$ – энергия, черпаемая в процессе работы ГПЭ из окружающей среды. Величина $\eta'_{\text{ИЭ}} = E'_{\text{зап}} / E_{\text{зап}} \leq 1$ есть коэффициент использования эффективности запасаемого ИЭ, а $\eta''_{\text{ИЭ}} = E' / E'_{\text{зап}} \geq 1$ – коэффициент использования эффективности окружающей среды [1, 5].

ИЭ делят на невозобновляемые и возобновляемые.

К первым относят ископаемые органические и неорганические энергоресурсы-нефть, природный газ, уголь, уран, торий, дейтерий и др. Ко вторым – солнечные излучения, тепло недр Земли, движение вод в реках и морях, ветер и другое.

Возобновляемые ИЭ имеют низкую и не постоянную концентрацию энергии, но большинство из них не нуждаются в транспортировке, так как «доставляется» всюду.

Поскольку же пока 80 – 90 % используемых энергоресурсов составляют химические топлива и 20 – 10 % – гидроэнергии крупных рек, расположенных вдали от промышленных центров, особое значение приобрело электричество – «промежуточный» вид энергии, легко передающиеся на дальние расстояния и на 90 – 98 % превращающихся в другие полезные виды. Это позволило в качестве одного из критериев

ценности ИЭ использовать полноту превращение их энергии в электроэнергию (не совсем удачно называемого электрическим К.П.Д). Величина последнего по мере совершенствования энерготехники растёт, но пока она ориентировочно равна для угля 38 %, нефти и нефти продуктов – 40 %, солнечного излучения – 12 %, гидроэнергией рек – до 98 %. Поэтому важное значение предается помимо открытия новых ИЭ и электрификации энергетике внедрению ГПЭ прямого превращения тепловой, ядерной, солнечные химической энергии в электрическую [3].

В данной статье рассмотрены коэффициенты энергоёмкости и эффективности источников энергии, которые помогают оценить эффективность использования топлива. Дано понятие условного топлива, для упрощения оценки общего расхода различных энергоресурсов. Таким образом, эффективное использование источников энергии позволяет уменьшить затраты на покупку топлива, а также повысить К.П.Д различных установок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аракелов В. Е. Комплексная оптимизация энергоустановок промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1984. 80 с.
2. Методика проведения энергетических обследований предприятий и организаций. / А. Афонин, А. Сторожков, В. Шароухова, Н. Коваль // Энергосбережение, 1999. № 1. С. 6-18.
3. Безруких П.П. Перспективы возобновляемой энергетики // Наука в России. 2003. № 4. С. 24-28.
4. Егоричева А.П. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов / А. П. Егоричев, В. Г. Лисиенко, С. Е. Розин, Я. М. Щелоков. М.: Металлургия, 1990. 147 с.
5. Наумов А. Л. Энергоаудит - инструмент энергосбережения // Энергосбережение, 2000. № 4. С.12.
6. Петкевич А.П., Тихомирова Т.И. О потенциале энергосбережения 2015-2020 г. // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 128-132.
7. Бакалин Ю.И., Мухин Н.П., Виноглядыв В.Н. Сдерживающие факторы в организации энергосбережения и вопросы получения реальной энергоэффективности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 185-187.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАГНЕТАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗНЫХ СХЕМАХ СОЕДИНЕНИЯ

Работа нагнетателей характеризуется подачей (расходом перемещаемой среды), развиваемым давлением, потребляемой мощностью и производительностью работы. В целях обеспечения эффективной работы нагнетателей их можно не устанавливать по отдельности, а совмещать с использованием разнообразных схем подключения.

На (рисунке 1) представлены схемы подключения нагнетателей [7].

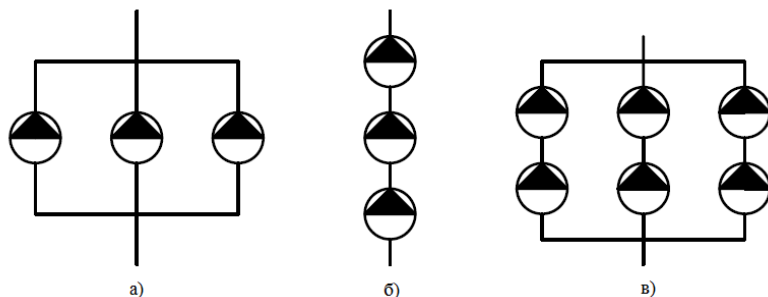


Рис. 1 Схемы соединения нагнетателей: а) параллельное; б) последовательное; в) смешанное [9]

График потребления воды и энергоносителя, как правило, неоднороден, а подача в сети может варьироваться в обширных границах, однако эффективная работа нагнетателей производится только лишь в ограниченном диапазоне подачи (рабочая часть). В случае если применять один нагнетатель, то его работа в широком диапазоне подачи приводит к большому перерасходу электроэнергии, по этой причине в насосных станциях устанавливаются параллельно ряд насосов, любой из которых рассчитан на подачу Q [1]. Зависимо от требуемой подачи, включается нужное число насосов. Установка

нескольких нагнетателей вместо одного позволяет уменьшить издержки. Как правило в насосных станциях необходима установка одного или нескольких насосов того же типа, что и рабочие насосы. Дублирование наименее мощных насосов уменьшает издержки насосной станции. Используемые разнообразных схем подключения нагнетателей применяется в случае, если нужно развивать мощный напор либо подачу. Параллельное соединение нагнетателей позволяет увеличить подачу, а последовательная напор [2].

Параллельное соединение. При параллельном включении разница давлений на входе и выходе из обоих нагнетателей одинаковы, это означает что нагнетатели развивают одинаковое давление, при всём этом суммарная подача складывается из подач каждого нагнетателя.

$$Q = \sum Q_i; H = H_i; N = \sum N_i \quad (1)$$

Закон параллельной работы нагнетателей, подача и мощность складываются, напор одинаков.

Эффективность работы установки из нескольких нагнетателей характеризуется её усреднённым КПД.

$$\eta = \frac{\sum Q_i}{\sum \frac{Q_i}{\eta_i}} \quad (2)$$

где Q_i – подача каждого нагнетателя; η_i – КПД каждого нагнетателя.

В этом уравнении подачу можно подставлять в любой размерности [4].

Закономерности параллельной работы нагнетателей:

1. Общая подача нагнетателей в сети Q , не равна сумме подач, если данные нагнетатели работают отдельно в сети.

2. При параллельном подсоединении мощность каждого нагнетателя по сравнению с их самостоятельной работой уменьшается.

3. При параллельной работе нагнетателей разной мощности возможен предельный случай. Из предельного случая следует, что при параллельной работе насосов они должны обладать схожими значениями напоров, иначе эффективная работа установки невозможна.

Последовательное соединение. Последовательное соединение нагнетателей используется с целью развития больших давлений и напоров. Расход среды через нагнетатель через них одинаков, однако на каждом из них происходит повышение напора и давления.

Суммарные характеристики:

$$Q = Q_i; H = \sum H_i; N = N_i \quad (3)$$

Подача постоянна, напоры складываются, мощности складываются. подача нагнетателей в составе данной установки всегда больше, чем, когда они работают по-отдельности. При выключении одного из следующих друг за другом нагнетателей подача, напор и мощность других уменьшается. Крайний случай при последовательной работе нагнетателей разной мощности возникает, когда подача становится больше той, на который один из нагнетателей рассчитан, при этом общий напор будет меньше, чем напор, развиваемый одним мощным нагнетателем.

КПД для нескольких нагнетателей при последовательном соединении:

$$\eta = \frac{\sum H_i}{\sum \eta_i} \quad (4)$$

С целью предоставления требуемого напора возможно сочетать нагнетатели разной мощности, главное, чтобы их подача лежала внутри полей рабочих характеристик [4].

Смешанное соединение. При наличии одновременно параллельных и последовательных соединений вычисление производительности выполняется поэтапно. Схема разбивается на зоны с одним видом соединения нагнетателей. Рассчитывается суммарные характеристики участка, потом зона рассматривается как один нагнетатель [3, 7].

Для регулирования установки из нескольких нагнетателей, установленных параллельно, или последовательно используется 3 способа:

1. Последовательное регулирование нагнетателей по отдельности. подача регулируется через один нагнетатель, а последующий не трогают. При изменении подачи вплоть до наименьшего допустимого значения нагнетатель выключают и приступают к изменению подачи по средствам последующих нагнетателей.

2. Параллельное регулирование – синхронное, одинаковое регулирование всех нагнетателей.

3. Дроссельное регулирование – в сеть устанавливают вспомогательное противодействие.

Любой из данных методов регулирования можно использовать для каждого из соединений. Эффективность способов обуславливается путём расчёта. Выбирается наиболее эффективный, тот, который характеризует наименьшую мощность установки [6, 8].

В данной статье рассмотрено эффективное использование нагнетателей, при разных схемах. Работа нагнетателей при разных схемах подключения позволяет регулировать подачу, расход и давления, в зависимости от требуемых параметров сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адельшин А.Б. Расчет и проектирование водопроводной насосной станции второго подъема. Казань: КГАСУ, 2006. 47 с.

2. Васильев В.Д., Ивашнев Е.А., Малюшенко В.В. Монтаж компрессоров, насосов и вентиляторов. М.: Высшая школа, 2006. 216 с.

3. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1986. 320 с.

4. Лунаци Э.Д. О наивысшем уровне КПД и кавитационных качеств общепромышленных центробежных насосов основных конструктивных типов // Гидромашиностроение. Настоящее и будущее: Тез. докл. межд. науч.-техн. конф. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. С. 43.

5. Рычагов В.В. Флоринский М.М. Насосы и насосные станции; 4-е изд. М.: Колос, 1975. 427 с.

6. Трубаев П.А. Методы автоматизации управления энергоэффективной работой насосов и насосных установок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 142-147.

7. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. М.: Энергия, 1977. 424 с.

8. Хрусталева В.А., Гарицкий М.В. Системная эффективность модернизации главных циркуляционных насосов АЭС с ВВЭР частотно-регулируемыми приводами. // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 190-195.

9. Трубаев П.А., Беседин П.В., Гришко Б.М. Гидравлические машины и системы технического водоснабжения: Учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, БИЭИ, 2002. 132 с.

УДК 621.31

Саенко А.А.

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

АНАЛИЗ, ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

На сегодняшний день цифровая подстанция – это одно из самых актуальных направлений в российской электроэнергетике. Цифровой подстанцией (ЦПС) называется подстанция, в которой всё оборудование находится в единой цифровой среде, то есть подключено к одной сети, а организация по передаче, приёму и управлению потоками информации при решении задач мониторинга, анализа и удалённого управления технологическими процессами осуществляется в цифровой форме на базе открытых протоколов международного стандарта МЭК 61850 «Сети и системы связи на подстанциях». Данный стандарт распространяется на строительство новых подстанций, а также на реконструкцию и техническое перевооружение действующих подстанций. Основная цель при создании цифровой подстанции заключается в управлении первичным оборудованием (коммутационными аппаратами) меньшими ресурсами. Переход на микропроцессорную элементную базу и единый цифровой стандарт в рамках электроэнергетического объекта позволяет осуществить принципиальный переход на новый уровень коммуникаций между оборудованием подстанции.

Работа и управление цифровыми подстанциями базируется на программно-техническом комплексе цифровой подстанции (ПТК ЦПС), разделённом на структурные уровни (процесса, присоединения и подстанции), которые объединяются между собой посредством сегментов локально-вычислительной сети Ethernet. Сегменты локально-вычислительной сети (ЛВС) образуют шину процесса, объединяющую уровни процесса и присоединения, и шину подстанции, объединяющую уровни присоединения и подстанции. Физически шина процесса и шина подстанции представляет собой совокупность коммутаторов, соединённых между собой оптоволоконными оптическими проводами. В зависимости от объёмов внедрения цифровых технологий передачи данных на подстанции выделяют три архитектуры цифровой подстанции [1, 2]:

Архитектура I – архитектура цифровой подстанции, в которой взаимодействие между интеллектуальными электронными устройствами (ИЭУ) (микропроцессорные терминалы релейной защиты и автоматики, контроллеры присоединения) выполняется аналоговыми и дискретными электрическими сигналами, передаваемыми по контрольному кабелю; информационный обмен между подстанционным уровнем и ИЭУ осуществляется по протоколу MMS, согласно стандарту МЭК 61850-8-1. Протоколы GOOSE и Sampled Values в данной архитектуре не используются.

Архитектура II – архитектура цифровой подстанции, в которой обмен всей информацией между ИЭУ, а также передача дискретных сигналов о положении коммутационных аппаратов осуществляется при помощи объектно-ориентированных сообщений по протоколу GOOSE, согласно стандарту МЭК 61850-8-1; обмен информацией между подстанционным уровнем и ИЭУ осуществляется по протоколу MMS; информация от измерительных устройств тока и напряжения передаётся в виде электрических аналоговых сигналов с использованием контрольных кабелей. Применение протокола Sampled Values в данной архитектуре не предусматривается.

Архитектура III – архитектура цифровой подстанции, в которой измеренные с помощью трансформаторов тока (ТТ) и трансформаторов напряжения (ТН) мгновенные значения тока и напряжения передаются в цифровом виде с использованием метода передачи мгновенных значений по протоколу Sampled Values, согласно стандарту МЭК 61850-9-2(LE); взаимодействие между ИЭУ и передача дискретных сигналов о положении коммутационных аппаратов выполняется при помощи GOOSE-сообщений; информационный обмен между подстанционным уровнем и ИЭУ осуществляется по протоколу MMS. То есть данная архитектура предусматривает применение всех методов передачи данных на подстанции, описанных в стандарте МЭК 61850. Все особенности реализации Архитектур I, II, III в части применяемых технических средств и протоколов стандарта МЭК 61850 представлены в (таблице 1) [1].

Таблица 1 – Особенности реализации Архитектур I, II и III

Применяемые цифровые средства	Архитектура I	Архитектура II	Архитектура III
Использование протокола MMS	да	да	да
Использование протокола GOOSE	нет	да	да

Использование протокола Sampled Values	нет	нет	да
Применение оборудования с поддержкой МЭК 61850 на подстанционном уровне	да	да	да
Применение оборудования с поддержкой МЭК 61850 на уровне присоединения	да	да	да
Применение оборудования с поддержкой МЭК 61850 на полевом уровне	нет	да	да
Использование шкафа преобразователя дискретных сигналов (ШПДС)	нет	да	да
Использование шкафа преобразователя аналоговых сигналов (ШПАС)	нет	нет	да
Использование ЦТТ и ЦТН, работающих по протоколу Sampled Values	нет	нет	да

С учётом указанных выше особенностей реализации архитектур ЦПС, реконструкция с применением цифровых решений может быть применена на ряде подстанций энергосистемы Белгородской области [5]. Например, предполагается выполнение реконструкции с применением цифровых решений подстанции 35/10 кВ «Маслова Пристань», расположенной в селе Ржавец Шебекинского района Белгородской области. В рамках цифрового развития реконструкция данной подстанции будет реализована по архитектуре III, отличительной особенностью которой является использование преобразователей аналоговых сигналов (ПАС), цифровых трансформаторов тока (ЦТТ) и цифровых трансформаторов напряжения (ЦТН). Цифровыми решениями, соответствующими стандарту МЭК 61850 и применяющимися для реконструкции подстанции 35/10 кВ «Маслова Пристань», являются: на уровне процесса – установка на секциях шин ОРУ 35 кВ цифровых трансформаторов напряжения; установка цифровых трансформаторов тока в цепи питающих воздушных линий, цепи секционного выключателя ОРУ 35 кВ и на вводе в цепях высокого напряжения силовых трансформаторов. Так как отечественной промышленностью в настоящее время цифровые выключатели не выпускаются, а находятся на стадии разработки, к тому же стоимость их на первоначальном этапе выпуска будет достаточно высокой, то более рациональным является

формирование цифрового интерфейса коммутационных аппаратов и всех остальных измерительных ТТ и ТН устройством сопряжения с объектом (ПДС и ПАС). На уровне присоединения является установка микропроцессорных терминалов релейной защиты и автоматики (РЗА) и контроллеров присоединения, поддерживающих стандарт МЭК 61850. Также организация шины процесса и шины подстанции будет выполнена коммутаторами, соединёнными между собой оптоволоконными оптическими проводами.

Реализация цифровых решений, выполненных по архитектуре Ш, заключается в следующем: на уровне процесса с помощью цифровых трансформаторов тока и напряжения и преобразователей аналоговых сигналов (ПАС) происходит передача измеренных значений тока и напряжения на коммутаторы шины процесса, к которой подключены устройства полевого уровня подстанции (коммутационные аппараты и измерительные трансформаторы). Для передачи измерений токов и напряжений применяется протокол Sampled Values, в котором описаны методы для передачи оцифрованных мгновенных величин электрической системы (SV-поток). Также на уровне процесса происходит передача дискретных сигналов о положении коммутационных аппаратов от ПДС на коммутаторы шины процесса. Для осуществления передачи дискретных сигналов применяется протокол GOOSE, в котором описаны методы для передачи широковещательных сообщений о событиях на подстанции по технологии «издатель-подписчики». Уровень присоединения образуется интеллектуальными электронными устройствами (ИЭУ). Шкафы РЗА реализованы на базе цифровых терминалов и цифровых контроллеров присоединений (КП), обеспечивающих функции контроля и управления выключателями и разъединителями на ОРУ 35 кВ и КРУН 10 кВ. Для передачи дискретных сигналов о положении коммутационных аппаратов от ПДС к устройствам РЗА и КП и наоборот, а также для быстрого обмена информацией о сработанных защитах (GOOSE-сообщения) между ИЭУ применяется протокол GOOSE. На уровне подстанции, для подключения ИЭУ к серверам автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП) организуется шина подстанции. К ней также подключаются все терминалы РЗА и контроллеры присоединения и к этой же шине подключается сервер АСУ ТП, который через данную шину может забирать данные с терминалов релейной защиты, посылать управляющие команды. Далее с серверов АСУ ТП происходит передача данных в центр управления сетями (ЦУС), который осуществляет дистанционный мониторинг и управление основным и вторичным

оборудованием подстанции, инженерными, охранными и иными технологическими системами. Таким образом, на уровне подстанции для передачи данных телесигнализации, телеизмерений и команд телеуправления между ИЭУ и системой АСУ ТП применяются коммуникационные сервисы стандарта МЭК 61850, реализуемые с использованием протокола MMS.

Структурные схемы до и после проведения реконструкции подстанции, выполненной по архитектуре III представлены на (рисунке 1).

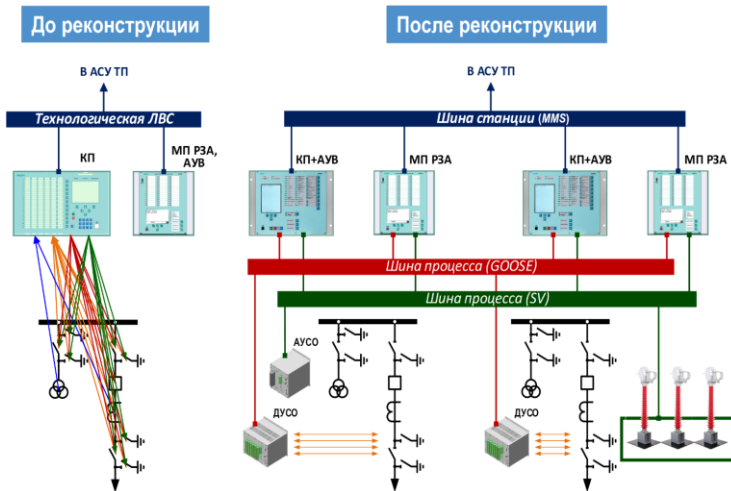


Рис. 1. Структурные схемы до и после проведения реконструкции подстанции

Таким образом среди недостатков до проведения реконструкции подстанции 35/10 кВ «Маслова Пристань» можно выделить следующие особенности:

- передача аналоговых данных на терминалы релейной защиты и на приборы учёта электроэнергии;
- низкая скорость передачи данных;
- большое количество медных кабельных связей;
- использование большого количества различных протоколов, усложняющих процесс передачи данных на энергообъекте.

В результате проведения реконструкции с применением цифровых решений по архитектуре III появляется ряд преимуществ:

- сокращение суммарной длины электрических кабелей и вторичных цепей;
- интеллектуальное, адаптивное управление режимом работы

силового оборудования и вторичных систем;

– уменьшение затрат на мониторинг и самодиагностику вторичных связей, выявление причин отказов;

– унификация механизмов конфигурирования подстанции;

– повышение уровня управляемости и наблюдаемости.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о целесообразности проведения реконструкций подстанций с применением цифровых решений, выполненных по рассмотренным архитектурам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-25.040.30.309-2020. Корпоративный профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС». Дата введения – 05.10.2020.

2. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.10.299-2020. Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС. Дата введения – 26.02.2020.

3. Стандарт организации ПАО «Россети» СТО 34.01-21-004-2019. Цифровой питающий цент. Требования к технологическому проектированию цифровых подстанций напряжением 110-220 кВ и узловых цифровых подстанций напряжением 35 кВ. Дата введения – 29.03.2019.

4. Цифровая подстанция [Электронный ресурс]: электронный журнал. URL: <http://digitalsubstation.com> (дата обращения: 08.05.2022).

5. Прасол, Д.А. Особенности режимов работы электрической системы 110 кВ Юго-Западного энергорайона Белгородской области / Д.А. Прасол, В.А. Щекин // Интеллектуальная электротехника. 2020. № 1 (9). С. 40-51.

УДК 620.9

Себастиану Г.Д.С.

*Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ.-мат. наук, проф.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ АНГОЛА

Энергетическая отрасль занимает центральное место в экономике Анголы. По энергетическому потенциалу её можно считать одной из

самых богатых стран мира. Вместе с тем исторические военные события конца XX века - война с Португалией за независимость (1961-1975) и последовавшая за ней гражданская война (1975-2002) – создали деиндустриализирующий эффект в отрасли [1].

Промышленность страны оказалась парализована, жилой сектор стал главным потребителем электроэнергии. Было разрушено большинство гидроэлектростанций. При этом у Анголы самый большой потенциал гидроэнергетики на африканском континенте, обусловленный реками с сильным перепадом высоты по течению. А рационально используются лишь 4% водных ресурсов. В некоторых районах страны и в настоящее время отсутствует электроснабжение, так как работают лишь 39% ЛЭП [2]. Однако на данный момент восстановленная политическая, военная и экономическая стабильность в Анголе создает благоприятные условия для реформирования энергетического сектора и привлечения в него дополнительных инвестиций со стороны других государств.

Производимая 95% в Анголе электроэнергия приходится на работу Общественной компании по производству электроэнергии (PRODEL - EP, ранее ENE-EP) [3]. Исследование перспектив развития энергетики Анголы невозможно без рассмотрения основных проблем работы этого предприятия:

- дефицит профессиональных специалистов, имеющих необходимый опыт;
- недостаточное внедрение современных технологий;
- регулярное отсутствие расходных материалов, запчастей, транспорта, технических и лабораторных средств, приводящее к поломкам оборудования, аварийным и чрезвычайным ситуациям.

Вышеперечисленные проблемы в том числе связаны и со стратегией правительства, выделяющего на развитие энергетики лишь незначительные средства из государственного бюджета. В приоритете - расчет на международную помощь, что создает непосредственную зависимость национальной энергетической политики и экономического развития от иностранных инвесторов.

Первым важным шагом в решении этих проблем, в рамках программы трансформации электроэнергетического сектора PTSE (Programa de Transformação do Sector Eléctrico), стала ликвидация по указу № 305/14 от 20.10.2014 г. президента Анголы Национальной электроэнергетической компании (ENE-EP). Вместо неё были созданы три новые компании, каждая из которых занимается развитием конкретного направления. Так PRODEL-EP занимается только производством электроэнергии, RNT-EP - это Национальная компания

по транспортировке электроэнергии, а ENDE - EP - Национальная компания по распределению электроэнергии. Такая структура повышает экономическую и финансовую устойчивость, помогает более эффективно решать задачи, связанные с обучением персонала и техническим обеспечением [3].

Гидроэнергетика в Анголе обеспечивает 75% от общего объема производимой энергии. Три главные реки в стране: Кванза на севере, Катумбела в центре и Кунене на юге, создают, по мнению специалистов, минимальные гидравлические мощности 65000 ГВт в год и это позволяет Анголе удовлетворять не только внутренние потребности в электроэнергии, но и экспортировать ее в другие страны. В перспективе общая мощность гидроэлектроэнергии в Анголе может составить 18000 МВт, а потребление укладывается лишь в 10% от этого показателя [2].

Одним из наиболее масштабных проектов в гидроэнергетике Анголы стало строительство гидроэлектростанции Лаука (Baragem de Laúca). После запуска в 2020 году 6-ой генераторной установки она приобрела общую установленную мощность 2004 МВт и сразу же вошла в четверку крупнейших ГЭС в Африке, куда входят также проекты из Эфиопии, Египта и Мозамбика [1, 3].

В структуре нефтегазового сектора ведущая роль принадлежит Sonangol — Sociedade Nacional de Combustíveis de Angola, EP — государственной нефтяной компании, отвечающей за управление разведкой нефти и природного газа на недрах и континентальном шельфе Анголы, а также за разведку, добычу, производство, транспортировку и сбыт углеводородов в Анголе [1, 2].

Правительство разработало стратегический план разведки углеводородов на 2020-2025 гг., в который включены торги по разработке 50 нефтяных скважин и привлечение инвестиций - 800 млн. долларов. Кроме того, для внутреннего сектора нефтепереработки разработана стратегия поддержки, поскольку остается актуальной проблема удовлетворения национального спроса на нефтепродукты. Учитывая тот факт, что в Анголе действует всего один нефтеперерабатывающий завод в Луанде, производящий примерно 65 баррелей очищенной нефти в день, и всего 15 тысяч баррелей в день производится в районе Малонго-Кабинда, то правительством запланировано строительство нескольких новых нефтеперерабатывающих заводов. Таким образом, к 2025 году можно рассчитывать на увеличение мощности производства до 425 тысяч баррелей в сутки.

Располагая значительными запасами природного газа по данным ОПЕК (383 млрд кубометров), Ангола даже по своему региону не

входит в число ведущих его производителей. А причина кроется в природных особенностях залегания на большой глубине нефтяных пластов и шельфа, что усложняет добычу природного газа и делает ее нерентабельной. Тем не менее, с помощью привлечения иностранного капитала ангольское правительство инициировало масштабный проект строительства в 2013 году завода по производству сжиженного природного газа - Angola LNG, мощностью 5,2 млн. тонн продукта в год. Что позволило сделать производство более экологичным, даже с учетом высокой энергоёмкости процессов сжижения, и немалых расходов сжигаемого газа на получение энергии для охлаждения остального. Также проект позволил использовать побочный продукт нефтедобычи в коммерческих целях. СПГ, полученный из него, экспортируется в другие страны.

Климатические условия в Анголе создают возможности для использования солнечной энергии. Solenova Ltd. - Совместное предприятие итальянского энергетического концерна Eni и ангольской государственной нефтегазовой компании Sonangol. Оно было создано для реализации проектов по возобновляемым источникам энергии, среди которых важное место занимают солнечные электростанции. Один из проектов для обеспечения качества электроэнергии [4], в том числе уровня и несимметрии напряжения у потребителей [5, 6], предполагает строительство фотоэлектрической станции Каракуло в провинции Намибе. Общая мощность станции составит 50 МВт. Фотоэлектростанция позволит наладить и сделать экономически более выгодным энергоснабжение близлежащих территорий, сократить потребление дизельного топлива для производства электроэнергии, уменьшив выбросы парниковых газов, и будет способствовать переходу Анголы к экологически чистой энергетике [1, 2], повысить качество электроэнергии [4, 6].

Таким образом, перспективные направления развития отраслей энергетики в Анголе - это:

- проектирование и строительство энергетических объектов по всей стране с применением новейших мировых технологий и при всесторонней поддержке дружественных государств для полноценного обеспечения внутренних потребностей страны;
- увеличение доли проектов по возобновляемым источникам энергии для постепенного перехода к экологичной энергетике;
- повышение уровня профессиональной компетентности сотрудников энергетических предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ангола будет со светом [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ru.euronews.com/next/2017/08/22/let-there-be-light-angola-s-electrification-project> (дата обращения: 15.05.2022).

2. Камилу Ж.М.П. Общие сведения о развитии электроэнергетики Анголы за последние 10 лет / Ж.М.П. Камилу [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obschie-svedeniya-o-razviti-i-elektroenergetiki-angoly-za-poslednie-10-let> (дата обращения: 15.05.2022).

3. Сидорович В. Две нефтяные компании создают СП для строительства солнечных электростанций в Анголе / В.Сидорович [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://renen.ru/two-oil-companies-set-up-joint-ventures-for-the-construction-of-solar-power-plants-in-angola/> (дата обращения: 15.05.2022).

4. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

5. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

6. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИрГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

УДК 620.91:620.92:620.93

Сиделин В.Э. Саввин Н.Ю.

Научный руководитель: Рошубкин П.В., ст. преп.

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

АТОМНЫЕ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В 2015 году в рамках конвенции ООН об изменении климата, 195 стран мира и страны Европейского Союза подписали Парижское климатическое соглашение, которое заключается в обязательстве стран

снизить количество выбросов парникового газа. Именно поэтому на данный момент одна из главных целей экономики всех стран мира – это уменьшение выбросов вредных веществ и, как следствие, поиск дешевой электроэнергии, то есть уменьшение себестоимости её добычи. При более грамотном подходе, атомные станции способны вырабатывать не только электрическую энергию, но и тепловую, что позволяет существенно сократить затраты и заменить углеводородное производство. Станции на ядерном топливе являются самыми экономичными на сегодня. Если брать в счет все расходы, в том числе захоронение отходов, транспортировку топлива, то себестоимость выходит намного меньше, чем у других станций. Благодаря современным технологиям у АЭСММ нормативный срок эксплуатации в Российской Федерации большинства типов энергоблоков составляет 30 лет. Эксплуатация реакторов ВВЭР первого поколения и РБМК в России продлена до 45 лет, ВВЭР второго поколения - до 55 лет. А из-за большого интереса во всем мире, данный вид добычи энергии является перспективным.

Гибкое производство электроэнергии, а также возможность устанавливать ММР на одноблочных и многоблочных станциях позволяют не только применять электроэнергию для самых различных нужд, но и совмещать их с другими, альтернативным, источниками энергии. На сегодня усовершенствованные ММР способны вырабатывать от 10 до 300 МВт электроэнергии. Однозначный плюс данных реакторов заключается в их производстве. ММР является типовым проектом, именно поэтому они могут быть сначала построены на заводе, а затем доставлены на место строительства. Данное решение позволяет существенно сократить затраты при производстве, а качество и безопасность в таких условиях существенно повышаются, по сравнению со строительством станций непосредственно на площадке. Более подробно виды малых модульных реакторов с кратким описанием представлены в (таблице 1).

Таблица 1 – Виды и описание малых модульных реакторов

Вид	Описание
Одномодульные легководные ММР	Малые модульные реакторы, способные заменить малые энергоблоки, которые работают на ископаемом топливе
Многомодульные легководные ММР	Малые модульные реакторы, способные заменить энергоблоки

	среднего размера. Обеспечивают базовую нагрузку.
Мобильные или передвижные ММР	Малые модульные реакторы, перемещающиеся от одной до другой площадки. В эту категорию входят плавучие энергоблоки (например, плавучая АЭС «Академик Ломоносов»). Отличаются своей способностью быстро и дешево выходить из эксплуатации.

Одна из самых востребованных областей применения малых модульных реакторов – это региональная энергетика. Большой интерес проявляют регионы, у которых срок эксплуатации станций на углеводородной основе подходит к концу. Как правило, такие станции размещаются в черте города. Поскольку на замену углеводородным станциям должны прийти новые малые модульные реакторы, то при их размещении должна учитываться экономическая целесообразность. Расположение ММР на большом расстоянии от города приведет к большим затратам из-за необходимости новой тепловой и электрической магистрали. Именно поэтому размещение ММР в черте города и её подключение будет наилучшим решением. Однако из-за этого при строительстве накладываются ряд ограничений. Данные станции должны обладать:

- высочайшим уровнем ядерной и радиационной безопасности;
- соответствующими параметрами мощности и параметрами уже существующих турбоустановок и турбогенераторов;
- сроком службы основного оборудования не менее 50 лет.

Размещение таких станций в черте города значительно увеличивает коэффициент полезного действия. Так как вместе с электроэнергией вырабатывается еще и тепловая. Например, вода, используемая для охлаждения реактора, нагревается и пускается по трубам для теплоснабжения в холодное время года, что значительно сокращает затраты на отопление.

Также, одна из востребованных областей применения – это обеспечение электроэнергией районов крайнего севера РФ и Сибири, в связи с тем, что на территории Сибири проживает всего лишь 15 процентов населения России, а также отсутствует хорошая инфраструктура, а населенные пункты расположены далеко друг от друга. Строительство ММР является менее эффективным и

целесообразным. Основным источником потребления в таких районах являются предприятия по добыче и переработке полезных ресурсов, например, нефтепереработке. Рядом с такими предприятиями находятся поселки, в основном для рабочего персонала, а учитывая сезонность работ, как правило, применяется вахтовый метод работы. Именно поэтому для обслуживания и строительства ММР в подобных условиях требуется учитывать сезонность работ, а также безопасность их размещения рядом с стратегическими важными объектами и населёнными пунктами.

Одним из самых перспективных видов атомных станций малой мощности, особенно на территории Российской Федерации, являются плавучие атомные электростанции. ПАТЭС обладает важнейшими характеристиками:

- мобильность. Данная способность позволяет размещать плавучие станции практически в любом береговом месте, в том числе в районах высокой сейсмической активности, а также в районах вечной мерзлоты;

- для функционирования необходимы минимальные затраты и строения на берегу, которые осуществляют только передачу тепла и энергии на землю;

- малое количество обслуживающего персонала;

- относительная простая эксплуатация.

Особенность подобной станции заключается в том, что сборка осуществляется в порту, что экономит много денег и времени на транспортировку ресурсов, обеспечение рабочих необходимыми условиями содержания, по сравнению со строительством на земле. В Российской Федерации данный тип атомных станций малой мощности имеет большое влияние на перспективу развития дальних регионов. Сама установка перемещаться не может, но после того, как её полностью собрали, её базируют в любую точку Дальнего Востока, подключают к береговой системе и вводят в эксплуатацию.

Малые модульные реакторы обладают рядом положительных характеристик, которые делают их востребованным на рынке энергетики. Во-первых, сооружение подобных энергетических станций за счет изготовления непосредственно на заводе, а не на строительной площадке, значительно сокращает сроки строительства и стоимость. Во-вторых, ММР дольше находятся в эксплуатации. Помимо этого, одно из самых важных преимуществ – способность проводить ремонт ММР не на месте эксплуатации, а в специальном цехе, что обеспечивает наиболее высокий уровень ремонта и безопасности. За счет невысоких мощностей исключается разгон реактора, а как следствие, и аварии,

связанные с ядерным разгоном, а также тяжелые аварии, связанные с плавлением топлива. К другим положительным характеристикам относятся также: высокий коэффициент полезного действия, широкое применение пара, в том числе сухого, опреснительные сооружения и другие.

Благодаря современным технологиям такие станции позволяют снизить возможность возникновения аварии до минимума, а также безопасно и быстро производить ремонт и замену станции, топлива. Такие станции полностью соответствуют современным требованиям, что делает их экономически конкурентными.

Способность совмещать такие станции с альтернативными источниками энергии поможет человечеству в бедующем решить проблемы выбросов парникового газа, а также другие проблемы климата. Благодаря всему этому мирный атом будет существовать и развиваться еще долгое время. Тем самым, атомная энергетика поможет ответить человечеству на те вызовы, которые существуют на сегодняшний день.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мурамович Виктор Григорьевич, Петухов Виктор Васильевич, Скороходов Дмитрий Алексеевич Альтернатива плавучим атомным теплоэлектростанциям // АЭЭ. 2014. №18 (158). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/alternativa-plavuchim-atomnym-teploelektrostantsiyam> (дата обращения: 07.04.2022).

2. Санеев Б. Г., Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф. Проблемы энергетики Севера и пути их решения // Энергет. политика. — 2000. — Вып. 4. — С. 54—61

3. Васильев Юрий Сергеевич, Амосов Николай Тимофеевич Атомные станции малой мощности // Материаловедение. Энергетика. 2014. №2 (195). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/atomnye-stantsii-maloy-moschnosti> (дата обращения: 07.04.2022).

4. Семенов Виктор, Щепетина Татьяна, Попов Сергей Развитие малых атомных станций: задачи и перспективы // ЭП. 2021. №10 (164). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-malyh-atomnyh-stantsiy-zadachi-i-perspektivy> (дата обращения: 07.04.2022).

5. Саввин, Н. Ю. Эволюция электродвигателей постоянного тока применяемых в промышленности / Н. Ю. Саввин, Д. Д. Гарбузов, Д. А. Калашников // Актуальные вопросы и перспективы развития науки, техники и технологии: материалы Международной научно-практической конференции, Чистополь, 27 марта 2020 года / ЧУДПО

«Научно-исследовательский и образовательный центр». – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2020. – С. 54-58. – EDN XSKVRI.

УДК 621.311

Солянов В.И.

*Научный руководитель: Федотов А.И., д-р техн. наук, проф.
АО «Татэлектромонтаж»/ ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В процессе работы проводились экспериментальные исследования по электропотреблению МКД Московской области и их суточным профилям мощности с последующей статистической обработкой полученных результатов.

В настоящее время для расчета нагрузок жилых и общественных зданий в Московской области применяют СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа». Как показали оценочные расчеты специалистов АО «Татэлектромонтаж» и ФГБОУ ВО «КГЭУ», нормативы, указанные в СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа», превышены [1, 2].

Для решения проблемы с превышением нормативных значений электрической нагрузки для электроснабжения объектов жилья необходима актуализация удельных расчетных электрических нагрузок при проектировании, основанных на фактических реальных данных электропотребления, с целью введения их в Постановление от 17 августа 2015 года № 713/30 «Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Московской области» [1, 2].

В данном вопросе для получения исходных данных нам помогли интеллектуальные приборы учета электроэнергии. Хотелось бы отметить, что счетчики электроэнергии способствовали выявлению отклонений напряжения от нормативных требований [3, 4] у потребителей. Качество электроэнергии [5] во ВРУ жилых домов не соответствовало ни по уровню, ни по несимметрии напряжения.

В качестве пилотной выборки для проведения статистической обработки данных по электропотреблению была принята выборочная совокупность МКД Московской области. У МКД пилотной выборки из

статистической обработки были исключены квартиры, месячное электропотребление которых ниже 20 кВт·ч и выше 1000 кВт·ч. Таким образом осуществлялась фильтрация малоэксплуатируемых квартир и коммерческой нагрузки, размещенной в МКД.

Статистическая обработка исходных данных по электропотреблению проводилась за каждый месяц периода наблюдения отдельно. Период наблюдения данных по электропотреблению выборочной совокупности МКД Московской области составил с 1 сентября по 30 ноября 2021 г.

В состав выборочной совокупности МКД Московской области входят дома типовых проектов самой многочисленной по составу группы этажностью 11-18 этажей, введенные в эксплуатацию с 2015-2019 года.

В данном исследовании все расчеты проводились с помощью, специально созданной для данной НИР компьютерной программы, написанной в среде вычислений R, и ее внешнего интерфейса RStudio для операционной системы Microsoft Windows [6].

На (рисунке 1) приведена диаграмма максимального удельного суточного электропотребления МКД исследуемой выборочной совокупности в зависимости от количества эксплуатируемых квартир, рассчитанная по данным за сентябрь-ноябрь 2021 г. Зеленой сплошной линией на (рисунке 1) показано среднее выборочное значение удельного суточного электропотребления квартир МКД, а зелеными прерывистыми линиями - среднее значение \pm среднеквадратическое отклонение.

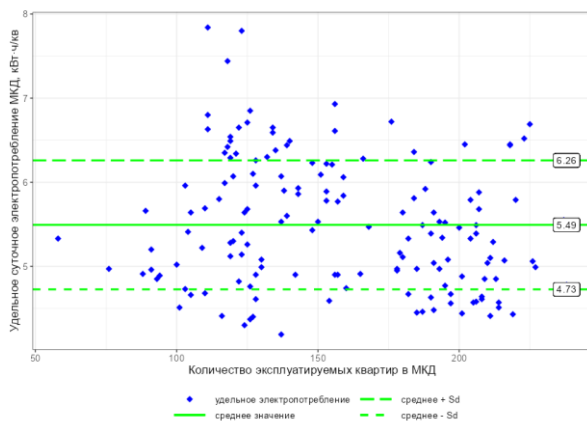


Рис. 1. Максимальное удельное суточное электропотребление квартир МКД в зависимости от количества эксплуатируемых квартир за сентябрь 2021 г.

Проведенные расчеты показали, что: количество эксплуатируемых квартир у МКД выборочной совокупности колеблется в диапазоне от 58 до 238; дни с максимальным электропотреблением квартир для большинства МКД выборочной совокупности – 5 (37 домов = 24%) и 19 (39 домов = 26%) сентября 2021 г.; максимальное удельное суточное электропотребление квартир МКД выборочной совокупности изменяется в диапазоне от 4,19 до 7,80 кВт·ч/кв.

Статистическая обработка электропотребления пилотной выборочной совокупности МКД Московской области группы 11-18 этажей за каждый месяц периода наблюдения позволила сформировать статистически значимые выборки путем исключения из них выбросов и получить их базовую описательную статистику.

Наибольшее значение электропотребления наблюдается в сентябре, когда еще не в полной мере работает центральное отопление, и активно используются обогреватели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Анализ фактических электрических нагрузок объектов индивидуального жилищного строительства // Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 5(68). С. 60-65.

2. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. и др. Исследование электрических нагрузок многоквартирных жилых комплексов в период распространения новой коронавирусной инфекции // Вопросы электротехнологии. 2021. № 2(31). С. 57-67.

3. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И. и др. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

4. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИрГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

5. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158.

6. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической

нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.

УДК 621.311

Сопина Ю.В., Гайфиева Л.Ф.

***Научный руководитель: Москаленко Н.И. д-р физ.-мат. наук, проф.
АО «Татэнерго»/ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия***

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

Сельское поселение – один из типов муниципальных образований в России, в составе которого имеются один или несколько объединенных общей территорией сельских населенных пункта. Обладая серьезным природным экономическим потенциалом, сельские территории могут внести серьезный вклад в решение задач экономического роста и социального развития страны.

Электромеханизация производственных процессов в сельском хозяйстве сделала электрическую энергию основой энергетической базы в стационарных процессах сельского производства. Это обстоятельство, в свою очередь, повышает требование к качеству сельского электроснабжения. На сегодняшний день обеспечение качественной электрической энергии (ЭЭ) потребителям сельских поселений является одной из главных проблем, поскольку некачественная электроэнергия ухудшает условия эксплуатации приборов потребителей, которые впоследствии приводят к большим ущербам и убыткам. Основными критериями качества ЭЭ являются: установившееся отклонение и несинусоидальность напряжения, снижение частоты по сравнению со своим номинальным значением, временное перенапряжение, симметричность напряжения. Согласно нормативному документу ГОСТ 32144-2013, электроснабжающая компания должна поставлять ЭЭ, соответствующая нормам качества [1].

Во второй половине 20 века в селах и микрорайонах начали массово возводить ВЛ электрических сетей из алюминиевых проводов [2]. Спустя долгое время линии стали истончаться, провода начали перехлестываться от ветра, которые приводили к уменьшению разностей потенциалов между двумя или более проводящими частями, то есть к замыканию, выходу из строя электроприборов и прекращению электроснабжения. Однако в последние годы в энергетике стали вводиться СИП провода, представляющие собой алюминиевые жилы

круглого сечения, покрытые изоляцией из светостабилизированного сшитого полиэтилена. Данный метод позволяет снизить нагрузку на опоры и исключить поражение электрическим током при случайном касании.

В связи с расширением поселков, деревень и хозяйственной деятельности, силовые трансформаторы комплектной трансформаторной подстанции (КТП) становятся недостаточно мощными, из-за чего качество электроэнергии падает. Вследствие этого происходит падение линейного и фазного напряжения. Из-за увеличения количества потребителей и хозяйственной деятельности потребителей, подстанция начинает работать на полную мощность, что сказывается на работе силовых трансформаторов, которые в дальнейшем могут выйти из строя. По этой причине оперативно выездные бригады сельских сетей производят мероприятия по повышению мощности путем замены силовых трансформаторов КТП с более высокими техническими характеристиками [3].

В последние годы потребители частных домов часто стали обращаться на технологическое присоединение трехфазной электрической сети, поскольку это дает возможность подключения мощных, производительных и энергопотребляющих устройств (станков, нагревателей, сварочных аппаратов и т.д.). Так же преимуществом трехфазной сети является то, что падение напряжения меньше, так как величина тока, питающего трехфазную нагрузку меньше, чем при однофазном питании при аналогичной потребляемой мощности. Однако бывают случаи, когда в электроустановках происходит перекос фаз, из-за чего падает мощность в оборудовании. Причиной этому служит неравномерная нагрузка на фазах.

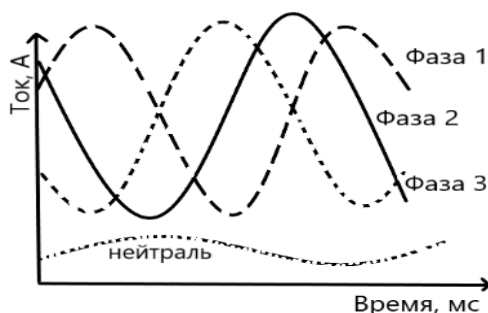


Рис.1 График зависимости силы тока от времени.

(Действующие значения тока: Фаза 1 = 100 А; Фаза 2 = 90 А; Фаза 3 = 75 А; Нейтраль = 20 А)

В данном графике видно, что на первой фазе наблюдается перегруз, а вторая и третья нагружена недостаточно. Одна фаза недостаточна для стабильной нагрузки. При подключении большого количества электроприборов одновременно, мощность вследствие прекося падает, и работа приборов прекращается. Чтобы нормализовать работу трехфазной сети с соблюдением симметричности и добиться для каждой цепи нормальных параметров напряжения, используют стабилизатор напряжения и распределение нагрузки по фазам [4].

В последние годы для бесперебойной подачи ЭЭ. стали активно внедрять работы под напряжением. В городе Заинск, Республика Татарстан, расположен центр работ под напряжением, где проводят повышение квалификации для электротехнического персонала, выполняющего работы под напряжением на воздушных, кабельных линиях и в распределительных устройствах. Там обучают работам под напряжением на воздушных линиях электропередач до 1000 В, работы под напряжением на СИП до 1000 В и т.д. Таким образом, электротехнический персонал может проводить работы на рабочем месте без отключения ЭЭ [5].

Следовательно, качество электрической энергии – это совокупность свойств электрической энергии, определяющий ее пригодность для потребителей электроэнергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.

3. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

4. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИРГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

5. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV //

УДК 621.311

Сопина Ю.В., Сагиров В.Р.

***Научный руководитель: Москаленко Н.И. д-р физ.-мат. наук, проф.
АО «Татэнерго»/ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия***

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭНЕРГИИ В КВАРТИРАХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.

В современном мире трудно представить себе жизнь без электрической энергии (ЭЭ). ЭЭ является наиболее важным товаром, поставляемым потребителям, поэтому качество (КЭЭ) данного продукта должно соответствовать государственным стандартам и нормам качества. КЭЭ характеризует то насколько её параметры соответствуют установленным значениям. Но далеко не всегда получаемый продукт соответствует требуемым параметрам. Снижение КЭЭ может привести к значительным изменениям в режимах работы приборов, увеличению вероятности порчи и последующей их поломки. В связи с этим возникает проблема контроля КЭЭ, поставляемой электроснабжающей компанией [1, 2].

Приборы, принимающие участие в измерении указанного критерия, называются анализаторами. Простейший тип прибора позволяет напрямую измерить напряжение или ток в сети потребителя. Основные показатели КЭЭ, представлены в ГОСТ 33073-2014 [3, 4].

Все они являются немаловажными и требующими внимания. Проблемы, лежащие в основе и воплощающие причины плохого КЭЭ способны причинить значительный ущерб потребителям. Необходимо регулировать напряжение с целью обеспечения требуемых технико-экономических показателей режимов работы электрических сетей. Для разных электрических сетей цель регулирования напряжения различна.

Существует несколько видов способов контроля КЭЭ [4]: непрерывный; систематический; эпизодический.

В настоящее время в энергосистемах используются различные устройства для поддержания режима напряжения, это: генераторы электростанций, трансформаторы с регулируемым коэффициентом трансформации нагрузки, конденсаторные батареи, реакторы, синхронные компенсаторы и статические вентильные источники

реактивной мощности. Учитывая, что большинство этого оборудования технически устарело, они не могут полностью обеспечить требуемый диапазон регулирования напряжения. Строительство новых объектов или реконструкция существующих подстанций требует значительных временных и капитальных вложений. Возникает необходимость поиска других методов и средств регулирования напряжения.

Зачастую, снижение напряжения в сравнении с номинальным значением происходит вследствие дневных, сезонных и технологических изменений нагрузки потребителей ЭЭ; изменения мощности устройств, отвечающих за компенсацию. Метод регулирования напряжения (РН) применяется при помощи изменения коэффициентов, отвечающих за преобразования напряжения. В современном мире применяются повышающие трансформаторы, имеющие регулирование под нагрузкой. Во время работы указанного устройства происходит продольное РН, но если возникла потребность в изменении не только действующего значения напряжения, но и его фазы, то необходимо применить добавочный трансформатор. Трансформаторы, в которых изменяют коэффициент трансформации в отключенном состоянии могут иметь радиус регулирования, соответствующий $+5\%$ от значения номинального напряжения. Подобное РН весьма целесообразно применять если характер изменения нагрузки сезонный [5].

Следующая проблема проявляется в несимметрии напряжений (НН). В число наиболее популярных нагрузок, становящихся причинами НН в трехфазных системах, входят разнородные однофазные нагрузки, либо трехфазные устройства, имеющие внутри фазовые характеристики, являющиеся несимметричными. Материальный ущерб НН проявляется в виде снижения надежности сети, срока службы приборов, рост потерь в активной мощности и её потреблении. Решение данной проблемы заключается в рациональном распределении нагрузок. При высокой трудности достичь требуемого ГОСТом уровня НН применяются симметрирующие устройства (СУ), рис.1. Помимо этого, исправление НН может быть осуществлено при помощи добавления системы ЭДС, образующих собой обратную последовательность. Примером СУ могут являться симметрирующие трансформаторы, внедряемые в общедомовые системы многоквартирных домов. Описание технологии представлено в [6].

В последнее время наблюдаются тенденции со стороны государства в сторону поддержки ЭЭ более высокого качества. Проявляются они во внедрении Федерального закона от 27 декабря 2018 г. N 522-ФЗ, что вносит изменения в зону ответственности, тем самым

перекладывая ответственность с потребителя в многоквартирном доме на гарантирующего поставщика ЭЭ. Внедрение специфичных приборов учета, так называемых «умных» счетчиков позволяет вести периодический контроль КЭЭ, в связи с особенностями данных приборов. Подобный прибор делает замеры за короткие промежутки времени и сохраняет во внутренний журнал. В ближайшем будущем вполне возможно, что потребитель и сам сможет контролировать качество получаемой энергии при помощи мобильного приложения на своём смартфоне и в случае несоответствия своевременно сообщать в органы надзора.

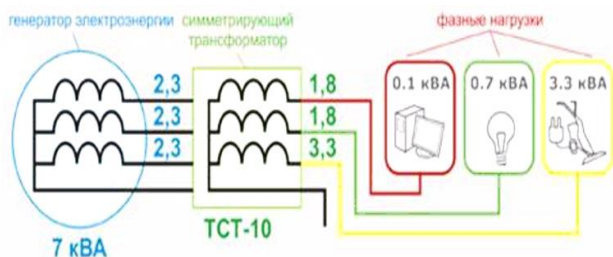


Рис. 1 Подключение нагрузки к генератору с помощью технологии симметрирующего трансформатора.

Учитывая все вышенаписанное, можно отметить, что КЭЭ – показатель, на который стоит обращать пристальное внимание и проверять соответствие получаемого «продукта» ГОСТам и при несоответствии принимать меры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Веников В.А. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах // М.: Энергоатомиздат. 1985. 301 с.
2. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.
3. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.
4. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня

напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИрГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

5. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

6. Симметрирование (выравнивание) фазных напряжений и нагрузок (устранение перекоса фаз). Устройство: симметрирующий трансформатор ТСТ. [Электронный ресурс] URL: <http://www.energosovet.ru/entech.php?idd=135> (дата обращения: 12.05.2022)

УДК 621.313

Султанова Р.Р., Арманиин Р.Ф.

Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет, г.Казань, Россия

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

В современном мире наиболее востребованными становятся электрические средства передвижения малой мощности, которые закрепляются законодательством в области безопасного передвижения по полосе движения.

Прогресс не стоит на месте – это утверждение использовать и для средств передвижения. Если раньше использовались в большинстве своём автомобили, мототехника и велосипеды, то в наши дни всё большую популярность и репутацию приобретают электрические устройства передвижения, постепенно выводя рынок прошлого на второй план [1].

Электромобиль – это автомобиль, который приводится в движение с помощью одного или несколькими электродвигателями, используя различные накопительные источники электроэнергии, а не привычным нам двигателем внутреннего сгорания.

Инфраструктура электротранспорта развивается путём создания модернизированных территорий, где происходит подзарядка электромобилей и электробусов. Если рассматривать республику Татарстан, то одна из таких зарядных станций была открыта на территории Казанского Государственного Энергетического Университета [3].

Сейчас основной востребованной маркой в республике, и по совместительству бюджетным вариантом является Nissan Leaf, модели премиум-класса – Tesla, Porsche Taycan – за счёт улучшенных качеств и высокой цены можно встретить редко.

Новаторами первых электростанций в Республике Татарстан являлись резиденты Иннополиса, создавшие ООО «Электрифлай» и предложившие монетизировать зарядную инфраструктуру для электромобилей путём внедрения собственного уникального программного обеспечения и зарядных станций в России, приобретя за рубежом оборудование и расположив его в IT-парке. В начале прошлого года в республике было зарегистрировано 80 электромобилей, что несомненно является хорошим показателем проделанной работы [2].

Стоимость электромобиля в сравнении с обычным автомобилем, имеющий двигатель внутреннего сгорания, намного больше, но при этом затраты быстро окупаются. В теории эксплуатация электромобиля в десять раз выгоднее, чем использование природного топлива [4].

Можно выделить такие преимущества, как:

1. Бесплатная парковка везде по Казани;
2. Нет нужды в техосмотре (моторное масло, свечи и другие расходники незачем менять ежемесячно);
3. Ночью заряд электромобиля до максимума обходится в 100 рублей;
4. Отсутствие вредных выхлопов в месте нахождения автомобиля;
5. Низкая пожароопасность при аварии.

Также не стоит забывать, что электроэнергия требует гораздо меньше денежных затрат в сравнении с бензином, дизельным и газомоторным топливом [5].

Однако, сформировался замкнутый круг, который отражает проблему того, что люди, ориентируясь на малое количество зарядных станций не покупают данные автомобили, а зарядные станции не устанавливаются в следствии отсутствия спроса на электромобили.

Из недостатков можно выделить:

1. Малый пробег большинства электромобилей на одной зарядке;
2. Длительное время зарядки аккумуляторов по сравнению с заправкой бензиновым топливом;
3. Дефицит зарядных станций;
4. Получение сервисного обслуживания электромобилей не может быть реализовано в каждом регионе из-за отсутствия запчастей и персонала [7].

Как можно заметить, достоинств у электромобилей больше, однако количество владельцев от этого не увеличивается. Тем не менее учёные считают, что в ближайшее время в России, так же как и в республике Татарстан ожидается увеличение спроса на данный вид транспорта, но только при условии, что зарядочных станций станет больше [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Резванова А. На зарядку становись: как в Татарстане строят инфраструктуру для электромобилей. 2022 <https://kazanfirst.ru/articles/571337> (дата обращения: 12.04.2022).

2. Колесников Р. В Татарстане строят рай для электрокаров: на всю республику их ездит 200 штук. 2022 <https://www.business-gazeta.ru/article/538381> (дата обращения: 13.04.2022).

3. Казаченок В.В. Средства индивидуальной мобильности: вопросы правового регулирования. 2022 Журнал Вестник Казанского юридического института МВД России 2021.

4. Ирошников Д.В. Правовые проблемы обеспечения безопасности личности на транспорте в условиях использования индивидуального электротранспорта // Правовое государство: теория и практика. 2019. № 4 (58). С. 40-50.

5. Бурова И.Л., Рудов М.В. О некоторых проблемах правового регулирования новых видов транспортных средств с электродвигателем // Имущественные отношения в РФ. 2019. № 2 (209). С. 84-93.

6. Махаев М. Электроэнергетика Республики Татарстан. 2021 <https://pandia.ru/text/82/156/52350.php> (дата обращения: 11.04.2022).

7. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 267 с.

УДК 621.039.5

Трегуб О.С., Андронник Н.Н.

Научный руководитель: Саввин Н.Ю., ст. преп.

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

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ЕЁ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

С каждым годом в мире неуклонно растет потребность и спрос на электроэнергию. С этим возникает потребность в поиске новых безопасных источников электроэнергии. Это вынуждает страны к

созданию новых атомных электростанций. Исходя из этого важно понимать в каком состоянии находится атомная отрасль, имеет ли дальнейшие перспективы своего развития. Эта работа будет состоять из поиска ответов на эти вопросы.

Атомная энергетика или как её называют ядерная – это вид энергетики, который занимается производством следующих видов энергии:

- электрическая
- тепловая

Атомная энергия создаётся с помощью расщепления атомов с целью высвобождения энергии, которая удерживается в ядре. Ядерное деление генерирует тепло, оно направляется на охлаждающий агент – чаще всего воду.

Современными предпосылками развития мировой атомной энергетики выступают следующие факторы [4]:

- а. Потребность в электроэнергии заметно увеличивается в развитых странах и эмерджентных экономиках мира;
- б. Цена на атомную энергию в меньшей степени зависит от внешних факторов по сравнению с углеводородными источниками;
- с. Атомная энергия является низкоуглеродистой и эффективной с точки зрения затрат;
- д. Развитие атомной энергетики в мире стимулируется возможностью двойного использования ядерных материалов.

Российской Федерации представляет довольно мощный комплекс из более 400 предприятий и организаций, в которых занято свыше 250 тысяч человек [5].

Представители Всемирной ядерной ассоциации (WNA) сообщили, что Российская Федерация (РФ) стала мировым лидером в развитии технологий для атомной энергетики будущего. Лидерами по количеству энергоблоков являются - США, Франция, Япония, Китай и РФ. С позиции национальной безопасности, развитие атомной энергетики в рамках энергетического комплекса РФ должно определяться одновременно тремя аспектами [2,3]:

- Экономической безопасностью государства.
- Энергетической безопасностью государства.
- Экологической безопасностью.

На сегодняшний день Российская Федерация имеет сотрудничество с другими странами в вопросах атомной энергетики, а на её территории насчитывают порядка 11 действующих АЭС, на которых базируется 38 энергоблоков, суммарной мощностью в 30,3 ГВт [1].

1. Белоярская АЭС

На сегодняшнее время действуют 3 и 4 блок, на которых эксплуатируются реакторы на быстрых нейтронах БН-800 и БН-600. Они являются единственными реакторами в своем роде на всех атомных станциях мира.

2. Нововоронежская АЭС

Посвящена освоению водо-водяных реакторов (ВВЭР). Здесь строили все первые головные блоки данных реакторов. В том числе и нынешний флагманский продукт отечественной атомной промышленности – энергоблок с реактором ВВЭР – 1200, которые приходят на замену старых блоков на АЭС в России и строится для зарубежных заказчиков.

3. Кольская АЭС

Первая и самая мощная атомная станция, которая была построена за полярным кругом. Её особенность является то, что она состоит из 4 одинаковых блоков ВВЭР – 440.

4. Билибинская АЭС

Она состоит из 4 уникальных энергоблоков. Это каналные уран-графитовые реакторы, но специально разработанные для этой АЭС. Это реакторы ЭГП-6 - Энергетический Гетерогенный Петлевой реактор с 6-ю петлями циркуляции теплоносителя. Их электрическую мощность сократили всего до 12 МВт. Но важное условие для работы на севере – они предназначены для выдачи тепла.

5. Плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) (рисунок 1.)

Конструкционно она представляет собой самоходную баржу, пришвартованную к специальной береговой инфраструктуре для приема тепло-и электроэнергии. На ее борту два энергоблока с двумя водо-водяными реакторами. Суммарная электрическая мощность ПАТЭС – до 70 МВт, а тепловая – до 50 Гкал/ч.



Рис.1 Плавучая атомная теплоэлектростанция

6. Ленинградская АЭС

Ленинградская АЭС – единственная российская, где одновременно работают реакторы разных типов – РБМК-1000 и ВВЭР-1200. РБМК – реактор большой мощности канальный. На сегодняшний день она является самой мощной в России. ЛАЭС обеспечивает электроэнергией Ленинградскую область более чем на 50%, а также частично снабжает теплом ближайший город атомщиков - Сосновый бор.

7. Курская АЭС

Вторая атомная электростанция с серийными РБМК -1000. Всего на станции эксплуатируется 4 энергоблока типа РБМК-1000, которые выдают мощность в 4 ГВт. Сейчас идет строительство Курской АЭС-2. На замену первым двум реакторам РБМК строят два новых энергоблока с реакторами ВВЭР.

8. Смоленская АЭС

Самая молодая атомная станция с реакторами РБМК. Сейчас действует 3 энергоблока РБМК – 1000, с суммарной мощностью 3000МВт.

9. Калининская АЭС

Установленная мощность Калининской АЭС – 4000 МВт. Станция состоит из двух очередей. Каждая очередь включает в себя два энергоблока, мощностью 1000 МВт. На Калининской АЭС используются реакторные установки типа ВВЭР-1000. Реакторы ВВЭР на сегодняшний день занимают ведущее место в мировой практике по высокой степени безопасности и надежности.

10. Балаковская АЭС

Это первая серийная АЭС с четырьмя блоками ВВЭР-1000 самой популярной модификации – В-320. Первый из них был введен в эксплуатацию в 1985 году. На одном из блоков Балаковской АЭС сейчас испытываются топливные сборки с РЕМИКС-топливом – это топливо с неразделенной смесью урана и плутония.

11. Ростовская АЭС (рис.2.)

Является одним из крупнейших предприятий энергетики на Юге России. Имеет 4 действующих энергоблока ВВЭР – 1000 с суммарной мощностью 4030 МВт.



Рис. 2 Ростовская АЭС

Перспективы развития атомной энергетики Российской Федерации довольно огромны и в этом сегменте работы ведутся на всей территории государства, что позволяет долгое лидировать и опережать ведущие страны Европы [6]. Главным вектором развития является модернизация существующих реакторов БН 600 и БН 800, поскольку реакторы на быстрых нейтронах являются будущим энергетики как Российской Федерации, так и мировой. Главным их преимуществом является создание замкнутого цикла, по которому новым топливом является уже отработанное. Это позволяет решить острую экологическую проблему, прежде всего связанную с утилизацией отходов, а также повысить уровень безопасности АЭС. Всё это лишь подтверждает принятую в 2020 году правительством Российской Федерации энергетическую стратегию развития до 2035 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гордеев – Бургвиц М.А., Беккер Ю.Л., Минаева М.В., Гордеева Ю.М. Строительство «РОСАТОМОМ» атомной электростанции во Вьетнаме // Вестник белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 22 – 24.

2. Копкова Е.С., Иманова Х.Г. Атомная энергетика России: современное состояние, проблемы и перспективы развития отрасли в условиях цифровой экономики // Проблемы региональной экономики. 2018. № 42. С. 3 – 26.

3. Пантелей Д.С. Атомная энергетика как неотъемлемый компонент энергетического комплекса Российской Федерации // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9. №6 (2017).

4. Пантелей Д.С. Развитие мировой атомной энергетики: тренды и перспективы XXI века // Экономика и предпринимательство. 2017. № 9-4. С. 60 – 62.

5. Прусова В.И., Бочков С.П., Сафонова К.М. Анализ современного состояния атомной энергетики в Российской Федерации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 2. С. 153 – 160.

6. Саввин, Н.Ю. Развитие альтернативной энергетики в Белгородской области / Н.Ю. Саввин, А.В. Квитчастая, В.М. Удовиченко // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. – 2021. – № 7. – С. 67-71. – EDN FDXINU.

УДК 539.3:669.046

Уваров А.Н.

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

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Сегодня значительная часть энергетических потребностей удовлетворяется за счет ископаемых источников энергии для производства и других целей. Растущая индустриализация и быстрое технологическое развитие приводят к огромному потреблению энергии. В связи с увеличением потребления энергии и увеличением потребления ископаемых видов топлива мы наблюдаем высокий уровень выброса углекислого газа (CO₂) в атмосферу. Чтобы смягчить причину парникового эффекта и изменения климата, мы должны и должны эффективно использовать энергетические ресурсы [4].

Одним из наиболее значительных потенциалов экономии энергии, который определяется в нагревательной печи с рекуператором, являются потери на утечку воздуха в рекуператорах. Из-за повреждения, возникшего в результате коррозионного воздействия огнеупорных труб в рекуператоре с течением времени, происходит утечка воздуха из среды высокого давления в среду низкого давления. В этом случае 6,126 м³/ч утечка воздуха была взята из атмосферы и

выпущена обратно в атмосферу при температуре 335°C. Сумма экономии энергии составила 659 423 ккал/ч с предотвращением утечки воздуха в нагревательной печи с рекуператором С применением энергосберегающих зон в нагревательной печи тепло, отдаваемое слябу, было рассчитано как 12 713 912 ккал/ч, и эффективность нагревательной печи увеличилась бы с 61,83% до 66,81% [3].

В нагревательных печах общая эффективность была определена с помощью «Инструмента оценки и обследования технологического нагрева» (PHAST) как 60%. Наибольший объем потерь в нагревательной печи составили потери дымовых газов, которые составили 29,5% от общих потерь энергии. В результате исследования было указано, что плита должна быть предварительно нагрета до 315°C для повышения энергоэффективности. Проанализировав энергопотребление и производительность печей повторного нагрева на стане горячей прокатки с помощью как численных прогнозов, так и практических измерений. Согласно их результатам, увеличение производительности печей способствовало более эффективному использованию топлива. В практическом исследовании, когда печи рассматривались как система, измерения показали, что около 80% тепла в печах обеспечивалось сжиганием топлива и 15,7% - горячим дымовым газом. Кроме того, практические измерения показали, что эффективность теплообмена и рекуперации тепла в зоне рекуперации составила 86,66% и 47,76% соответственно рассчитали энергоэффективность и определили возможности энергосбережения в нагревательных печах, однако определенные возможности энергосбережения не были реализованы, и расчетные значения не сравнивались со значениями, полученными после приложения. Что касается этого исследования, то некоторые важные измерения энергоэффективности и исследования были проведены в нагревательной печи интегрированной промышленной организации [5].

Используя результаты измерений и данные организаций, был сформирован баланс массы и энергии для реализации расчетов, определены возможности энергосбережения, их размеры и сроки окупаемости [7]. В направлении этих значений энергосбережения в нагревательной печи были установлены новый рекуператор, экономайзер и газоанализатор, а затем рассчитанные значения были сопоставлены со значениями то, что получено после подачи заявок. В ходе этого исследования были определены области энергосбережения путем расчета потерь энергии в нагревательных печах, и с помощью применения этих возможностей энергосбережения был определен прирост энергоэффективности. Кроме того, были рассчитаны объем

инвестиций в заявки, сроки их погашения и результаты исследований, объем сокращения выбросов CO₂. Хотя в исследованиях по энергоэффективности было достигнуто много хороших результатов, рекомендации, содержащиеся в этих исследованиях, не были применены в большинстве приложений. В этом исследовании в целях повышения энергоэффективности были проведены успешные исследования, и были рекомендованы некоторые важные решения. Таким образом, эти достигнутые решения были применены и реализованы на практике. Все они представлены в этом исследовании с успешными результатами [1].

Был активирован газоанализатор для уменьшения количества избыточного воздуха, поступающего в нагревательную печь [6], и этот газоанализатор может в режиме онлайн анализировать содержание доменного газа и коксового газа и, соответственно, регулировать соотношение воздуха и топлива для обеспечения оптимального сгорания. Путем расчета анализа компонентов сгорания был произведен расчет соотношения топлива в воздухе на основе соотношения компонентов. Этот расчет был использован для программного обеспечения газоанализатора, а затем был интегрирован в существующую систему управления, так что изменение соотношения воздуха и топлива обеспечивается мгновенно. После ввода в эксплуатацию газоанализатора коэффициент избытка воздуха был снижен с 51,95% до 13,9%. В этом случае объем экономии энергии, который ранее был рассчитан как 288,649 ккал/ч, был реализован как 787 313 ккал/ч. В рекуператоре во время измерений, проведенных в нагревательной печи, была обнаружена некоторая утечка. Сумма экономии энергии была рассчитана путем предотвращения этой утечки воздуха. В контексте рассчитанного объема энергосбережения, рекуператор был заменен на новый в нагревательной печи. После замены рекуператора в нагревательной печи соотношение O₂ на входе и выходе рекуператора осталось прежним, и утечка воздуха была предотвращена [1].

Таким образом, вся потерянная энергия в результате утечки воздуха была восстановлена. После замены температура воздуха для горения увеличилась с 318 °C до 433 °C, также температура выхлопных газов печи увеличилась с 335 °C до 383 °C. Рассчитанный объем экономии энергии составил 659 423 ккал/ч. Экономайзер был спроектирован и установлен для получения горячей воды за счет использования тепла дымовых газов в нагревательной печи [2].

Таким образом в результате всех применений (уменьшение избытка воздуха, предотвращение потерь на утечку воздуха при

установке рекуператора экономайзера); была достигнута общая экономия энергии в размере 2 913 924 ккал/ч, средний срок окупаемости инвестиций всех сбережений составил 1,06 года, а общая сумма 3 900 990 кг энергии была получена за счет экономии энергии. Было обеспечено сокращение выбросов CO₂. Эффективность нагревательной печи была повышена с 61,83% до 69,43%. Таким образом, была обеспечена значительная экономия энергии и повышение эффективности. В качестве будущих направлений можно было бы сократить потери тепла от стенок и дверей печи и использовать тепло дымовых газов после экономайзера для повышения экономии энергии и эффективности печи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев Е.А., Трубаев П.А., Губарев А.В. Эксергетический анализ конденсатного котла // Молодежь и научно-технический прогресс: Сб. докладов межд. научно-практической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Губкин: ООО «Айкью», 2011. Часть I. С. 303-306.

2. Кузнецов В.А., Рязанцев О.А., Трулев А.В. Численное моделирование горения и теплообмена в цементной вращающейся печи // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 161–164.

3. Кузнецов В.А., Трулев А.В. Нестационарная температура футеровки вращающейся печи // Инновационные материалы и технологии. Сб. докл. Межд. научно-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. Ч. 3. С. 229-233.

4. Соколова Л.В., Тихомирова Т.И. Результаты численного моделирования горения и теплообмена в топке водонагревателя // Энергетика и энергоэффективные технологии. Межвуз. сборн. статей. Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. Вып.1., Ч.2. С. 131-133.

5. Рязанцев О.А., Кузнецов В.А., Трубаев П.А. Математическая модель теплообмена во вращающейся печи с учетом переизлучения // Математические методы в технике и технологиях ММТТ-23. Сб. трудов. Т. 8, секция 9. Саратов, СГТУ, 2010. С. 87-89.

6. Нусс М.В., Трубаев П.А., Классен В.К. Управление работой цементной вращающейся печи // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 61-65.

7. Яндачек П., Ковач М., Онищук В.И., Зозуля Ю.Г., Костенко С.Е. Моделирование энергоэффективных стекловаренных печей // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 169-175.

УДК 621.3.036

Уваров А.Н.

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

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РЕКУПЕРАТОРОВ

В статье представлены результаты сбора данных об эффективности рекуперации тепла различных типов рекуператоров при различных потоках воздуха

Эффективность рекуперации тепла различных типов рекуперации тепла. Чтобы проверить, как правила экодизайна повлияли на усовершенствование установок рекуперации тепла [5], были собраны данные о обычно используемых вентиляционных установках с заданными объемами воздуха. Анализируемые производители включают Komfovent, Systemair, Flaktwood и IV Продукт. Для каждого из них предусмотрен блок, обеспечивающий 400, 700, 1000 и 5000 м³/ч было рассмотрено и отмечено указанное значение рекуперации тепла. Параметрами для выполнения расчетов энергоэффективности в зимнем режиме для всех устройств были: наружная температура -21°С и относительная влажность 80%, в то время как температура в помещении +20°С и относительная влажность 40%. Результаты приведены в (таблице 1 и 2).

Результаты сравнения эффективности рекуперации тепла показывают, что как для роторных, так и для противоточных пластинчатых теплообменников значения очень близки. Общее среднее значение всех моделей и всех объемов воздушного потока показало, что в случае роторного теплообменника температурный КПД составляет около 83%, в то время как для противоточных теплообменников - около 86%. Это означает, что оба решения являются жизнеспособным вариантом и могут быть использованы в новых зданиях с низким энергопотреблением [4].

Анализ результатов результаты показали, что модели, поставляемые Komfovent, имеют немного более низкую эффективность рекуперации тепла по сравнению с другими, но это может

варьироваться в зависимости от конкретного случая и сильно зависит от фактического объема воздушного потока и того, насколько он близок к следующему типоразмер для конкретного производителя.

Таблица 1 – Сравнение эффективности рекуператоров тепла при различных объемах воздушного потока

Производитель		Роторный Теплообменник		
	Модель	400 м ³ /ч	Модель	700 м ³ /ч
Komfovent	ДОМЕКТ-R-400-H-R1-M5/M5-C6-L/A	81	ДОМЕКТ-R-700-v-R1-M5/M5-C6-L/A	81
Systemair	SAVE VTR 500 L	84	SAVE VTR 700 L	83
Flaktwoods	eCO Top 03	88.8	eQ Prime 05	91.5
Acer	ACER-04-AA-N1-01	85.3	ACER-06-AA-N1-01	85
Сред. Знач.		84.8		85.1
Производитель		Роторный Теплообменник		
	Модель	1000 м ³ /ч	Модель	5000 м ³ /ч
Komfovent	VERSO-R-1300-UH-CW-R1-F7/M5-C5.1-L/A	81.5	VERSO-R-5000-H-W-R1-F7/M5-C5.1-L/A	75.2
Systemair	TOPVEX_TR03_HWH-LCAV_M0	82.6	TOPVEX_TR12_HWH-LCAV_M0	78
Flaktwoods	eQ Prime 005	88.5	eQ Prime 018	85
Acer	ACER-06-AA-N1-01	83.4	EMMT-05-240-50-2-2200	79.5
Сред. Знач.		84		79.4

Таблица 2 – Сравнение эффективности рекуператоров тепла с противоточным теплообменником при различных объемах воздушного потока.

Производитель		Роторный Теплообменник		
	Модель	400 м ³ /ч	Модель	700 м ³ /ч
Komfovent	ДОМЕКТ-CF-500-F-R2-M5/M5-C6-X	90	ДОМЕКТ-CF-700-F-R1-M5/M5-C6-X	87
Systemair	SAVE VTR 300 L	90	SAVE VTC 700 R	92
Flaktwoods	eCO Premium 1	84.1	eQ Prime 05	87.9

Acer	-	-	ATEM-04-AA-EN-CI-H-00 8	80.5
Сред. Знач.		84.8		85.1
Производитель		Роторный Теплообменник		
	Модель	1000 м ³ /ч	Модель	5000 м ³ /ч
Komfovent	VERSO-P-10-C-HPM/IE5/1.4/1.4-F7-M5-X-XR1-C5.1-X	73.4	VERSO-P-50-2-HPM_IE5_2_9_2_9-F7-M5-XX-R1-C5_1-X	75.2
Systemair	Topvex SX/C03 EL-R-CAV	90	Topvex SC11 HW-L-CAV	78
Flaktwoods	eQ Prime 005	85.3	eQ Prime 018	85
Acer	ACER-06-AA-EN-CI-H-00	80.6	EMMT-05-240-50-2-3800	79.5
Сред. Знач.		82.3		79.4

Исследование показало, что средняя эффективность рекуперации тепла современных, широко используемых роторных теплообменников составляет около 83%, в то время как для противоточных теплообменников - около 86%. Поэтому можно сделать вывод, что они соответствуют требованиям экодизайна [2]. Кроме того, результаты показывают, что было бы целесообразно повысить требуемую минимальную эффективность рекуперации тепла для достижения почти нулевого энергетического статуса здания в соответствии [3].

Результаты моделирования для жилого дома на одну семью площадью 467 м² и объем вентиляционного воздуха 640 м³/ч показывают потенциал рекуперации тепла из вытяжного воздуха вентиляции. Общая тепловая энергия за год моделируемого здания составляет 4178,1 кВт·ч, если оснащен утилизатором тепла с КПД 85%. За весь годовой период в таком случае было восстановлено 23328,8 кВт·ч. Таким образом, можно сделать вывод, что при отсутствии рекуперации тепла потребление энергии возрастет до 26964,8 кВт·ч или 57,8 кВт·ч/м². Результаты также показали, что в случае, если внутренние тепловые нагрузки уменьшаются, затем это незначительно влияет на потенциал рекуперации тепла. В случае отсутствия внутренних выгод он уменьшается на 4%.

Исследование показало, что средняя эффективность рекуперации тепла современных, широко используемых роторных теплообменников составляет около 83%, в то время как для противоточных теплообменников около 86%. В будущем необходимо провести дальнейшее моделирование потенциала рекуперации тепла

вентиляционных систем при различных обстоятельствах [1], чтобы найти наиболее перспективный вариант работы. Кроме того, необходимо было бы смоделировать, как системы с переменным объемом воздуха повлияют на потребление энергии для нагрева приточного воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галюжин С.Д., Лобикова Н.В., Лобикова О.М. Определение исходных данных для проектирования устройства удаления конденсата из рекуператора вентиляционной установки // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 7. С. 63-71.

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

3. Бакалин Ю.И., Мухин Н.П., Виноглядов В.Н. Сдерживающие факторы в организации энергосбережения и вопросы получения реальной энергоэффективности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 185-187.

4. Выборнов Д.В., Плужник А.В. Повышение энергосберегающих характеристик зданий коммунально-бытовой сферы на основе комплексного мониторинга // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 448-453.

5. Гашо Е.Г., Булгаков Н.С., Шкуро Ю.Д. Оценка энергетических эффектов модернизации зданий и микрорайонов в процессе реновации // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 196-199.

УДК 669.1

Уваров А.Н.

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

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУПЕРАТОРА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТЕНДОВ СУШКИ СТАЛРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК) расположен в 22 км от города Старый Оскол, вблизи крупных

месторождений высококачественных железных руд, входящих в состав Курской магнитной аномалии. Для выплавки стали на «ОЭМК» используются металлизированные окатыши высокого качества. Данная схема производства является высокоэкологичной и обеспечивает высокое качество металла, малозагрязненного нежелательными примесями. Производство электростали из окатышей происходит в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) емкостью 150 т. Сталь после выплавки в печи выпускают в сталеразливочный ковш и далее подвергают внепечной обработке и разливке на МНЛЗ [3].

В процессе работы стенов из рабочего пространства уходит большое количество газов с высокой температурой. Доля тепла, уносимого с газообразными продуктами, составляет от 30 до 60% всего тепла, выделяемого при сжигании газа. Это приводит к тому, что коэффициент использования тепла невысок: полезно используется 15 – 20 %. Приведенные данные показывают, что с уходящими газами теряется огромное количество тепла [5].

С целью увеличения термического к.п.д. стенов, а, следовательно, и уменьшения расхода газа необходимо вернуть в ковш долю энергии, содержащегося в продуктах сгорания, путем подогрева в рекуператоре воздуха, подаваемого для сжигания природного газа [2].

Рассмотрим ряд мер, направленных на заметное улучшение работы стенов сушки. Так, установка рекуператоров для подогрева воздуха позволит сэкономить значительное количество тепла и сократить расход газа.

С теплотехнической точки зрения использованием тепла продуктов сгорания достигается улучшение следующих показателей (таблица 1):

1. Снижение расхода природного газа. В общее количество тепла, идущего на нагрев, входит и так называемое физическое тепло газа и воздуха, т.е. тепло, которым обладает топливо и воздух, будучи нагретым до определенной температуры [6].

2. Возрастание температуры горения.

3. Интенсификация процессов сжигания газа. Кроме экономии природного газа и увеличения температуры его горения, подогрев воздуха делает более интенсивным процесс самих реакций горения природного газа [1].

Таблица 1 – Сравнительные теплотехнические показатели работы стенда сушки

Наименование показателя	Единицы измерения	Значения показателя		Отклонения
		Базовый вариант	Проект	
Давление воздуха перед горелкой	кПа	1,08	3	+1,92
Расход воздуха на стенд	м ³ /ч	803	321	-482
Давление газа перед горелкой	кПа	13,7	3	-10,70
Расход газа на стенд	м ³ /ч	75	30	-45
Температура горения топлива	°С	1857	2100	+243
Температура воздуха перед горелкой	°С	20	400	+380
Температура дымовых газов перед дымопроводом	°С	860	407	-453
Объем дымовых газов	м ³ /ч	870	352	-518
К.П.Д. стенда	%	26,6	57	+30,4
Коэффициент использования тепла	%	61	77	+16

В результате анализа видно, что решение по установке рекуператора для подогрева воздуха принесло значительное сокращение потребления природного газа по сравнению с допроектным потреблением на 40 %. В результате расчетов стало ясно видно, что сокращение потребления природного газа по сравнению с допроектным потреблением составило 40 % (974,97 тыс. м³/год). Подогрев воздуха повысил величину коэффициента использования тепла топлива и К.П.Д. стенда соответственно на 30,4 % и 16 %. температура горения топлива повысилась на 243 °С. Эти данные дают возможность сказать, что принятое решение по установке рекуператора для подогрева воздуха позволяет повысить производительность стенда и эффективно использовать тепло уходящих газов [5].

Существующий дымосос имеет производительность 50000 м³/ч и создает разрежение 3700 – 4300 Па. Из вышеприведенного следует, что

дымосос имеет большой запас по производительности и создаваемому разряжению. Следует также отметить, что суммарный расход топлива на все стенда после реконструкции составит 180 м³/ч, по сравнению с базовым вариантом – 450 м³/ч.

Установка рекуператоров никоим образом не отразилась на существующем дымоотводящем тракте, что позволило сэкономить средства и силы на проводимой модернизации.

Таким образом выяснили, что в результате установки рекуператоров происходит значительное снижение затрат на пользование природным газом. Так прибыль от проводимой реконструкции составит около 4 млн.руб., а рентабельность продукции повысится на 2,5%. Экономический эффект от реконструкции составит 3991,735 тыс. руб/год. На основании проведенного выше анализа можно утверждать, что предлагаемый нами проект экономически выгоден и целесообразен, так как ведет к снижению себестоимости и, следовательно, к увеличению прибыли. При всем этом, срок окупаемости проекта составит около 6 месяцев. Таким образом, приведенные в дипломном проекте предложения по технической модернизации стенов сушики нашли свое подтверждение полной их обоснованностью и экономической эффективностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Техника и технологии для экструдирования и сушики техногенных материалов / С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, А.М. Гридчин и др. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 118-123.

2. Герасимова А.А. Выбор температурного режима для толстолистового прокатного стана на ОАО "ВМЗ" // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 10. С. 126-131.

3. Белецкая В.А., Румянцева Е.Л. Перспективы использования электросталеплавильных шлаков ОЭМК // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 140-144.

4. Тимохин О.А. Перемещение промежуточных ковшей на УНРС // Сталь. 2017. № 10. С. 36-40.

5. Способ работы вертикальной призматической четырехгранной топки для совместного сжигания газообразного и пылевидного топлива Осинцев В.В., Кузнецов Г.Ф., Петров В.В., Сухарев М.П., Мудрых Б.А.,

Сабельфельд В.А., Стародубцев В.В. Патент на изобретение RU 2215237 С1, 27.10.2003. Заявка № 2002131666/06 от 25.11.2002.

6. Коновалов В.М., Кулаков А.А., Литовченко А.В., Гончаров А.А. Повышение эффективности рекуперации тепла в клинкерном холодильнике // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 496-502.

УДК 620.92

Хомич В.С.

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

АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Последние тенденции развития энергетики связана с внедрение нового поколения активных и адаптивных сетей, растущая доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем балансе энергии, и развитие гибридного и чисто-электрического транспорта. Общая тенденция к отключению питания влечет за собой необходимость введения новых требований по аварийному, дежурному и инерционному систем электроснабжения, используемая в энергосистеме объектов и потребителей. Одно из последствий вышеупомянутых тенденций заключается в том, что накопители электрической энергии стали играть существенно более важную роль, и следует отметить, что особые требования накладываются на эти устройства в каждой области их применения [1]. В то же время мы наблюдаем очень быстрое развитие самих устройств хранения энергии. Список привычных устройств, в том числе гидроаккумулирующие установки (ГАУ), сжатые системы аккумулирования энергии на воздушной основе, маховики, свинцово-кислотные, и никель-кадмиевые аккумуляторные батареи, вызвано быстро развивающимся водородными и литиевыми системами хранения ионной энергии. В данной статье сделана попытка провести систематический анализ различных хранилищ электроэнергии и определить перспективные месторождения, их практическое применение в современных масштабах энергетики с учетом уже достигнутых и ожидаемых показателей мощности и технико-экономических показателей.

В России в основном используются накопители электроэнергии в системах аварийного электроснабжения. Программа работ по

строительству гидроаккумулирующих станций для управления нагрузками в электрических сетях была существенно урезана из-за недостаточной финансовой поддержки. За пределами России сфера их применения существенно расширилась за последние годы за счет широкого использования возобновляемых источников энергии и внедрения интеллектуальных электрических сетей. Как известно, график потребления электроэнергии обычно характеризуются двумя значительными пиками в утренние и вечерние часы и падением потребления энергии в ночные часы. Изменения, произошедшие в структуре экономики страны, в последнее время привели к тому, что суточная кривая электрической нагрузки становится менее плотной в большинстве регионов России, что влечет за собой все более обостряющиеся проблемы с контролем над генерирующими мощностями [2]. Гидравлические электростанции обычно используются в качестве основного маневренного источника энергии в энергосистеме, в которой преобладают маломаневренные атомные электростанции (АЭС) и когенерационные станции, работающие по графику тепловой нагрузки. Регулирование выработки электроэнергии АЭС и тепловых электростанций (ТЭЦ) возможно только в ограниченном диапазоне, при этом следует отметить, что работа ТЭЦ в режиме слежения за нагрузкой приводит к некоторым нежелательным последствиям, таким как повышенный удельный расход топлива и выбросы вредных веществ в окружающую среду и сокращение срока службы оборудования. Что касается АПЛ, то их эффективность ограничена безопасными условиями эксплуатации ядерных реакторов. Суточные кривые нагрузки, становящиеся все более неоднородными, становятся все более сложной проблемой для электроэнергетики, и применение накопителей энергии с большой емкостью и емкостью может быть одним из способов ее решения [3]. Строительство новых гидроаккумулирующих станций иногда ограничивается географическими факторами, например, наличием подходящих для их строительства мест с перепадом высот не менее 100 м. Чтобы стимулировать потребителей к использованию большего количества энергии в часы низкой нагрузки, в России, как и во многих других странах, были введены переменные тарифы на электроэнергию, которые зависят от нагрузки электрической сети и от специфики региона, в котором находится потребитель. В связи с этим, хранение электроэнергии в часы низкой нагрузки с ее потреблением в часы пиковой нагрузки может представлять интерес с экономической точки зрения как для энергокомпаний, так и для потребителей электроэнергии из-за разницы в цене. Для этой области применения требуются

буферные накопители с большим сроком службы и относительно невысокой удельной стоимостью. Такие хранилища, наряду с газотурбинными установками простого цикла с КПД около 35%, могут быть чрезвычайно полезны для стабилизации частоты сети во время пиковых нагрузок или при сбоях в энергогенерирующих установках. Возобновляемые источники энергии характеризуются крайне нестабильным производством электроэнергии, из-за чего их интеграция в централизованные сети сопряжена с определенными трудностями [1]. Некоторые авторы даже выражают обеспокоенность тем, что, если доля возобновляемых источников энергии в общей структуре генерации превышает 15–20%, подключение энергоустановок на основе RSE к сети может нарушить ее нормальную работу при отсутствии надлежащих систем управления. Хранилища, установленные на сетевых подстанциях и в местах размещения энергоустановок на базе РСЭ, могут взять на себя задачу управления мощностью, подаваемой от таких источников. Согласно Постановлению Правительства РФ от 8 января 2009 г. № 1, к 2020 г. доля ВИЭ в выработке электроэнергии должна быть доведена до 4,5%. Согласно этому постановлению, предполагается строительство крупных ветро-приливных электростанций в некоторых регионах страны, что вызовет необходимость решения проблем, связанных с их интеграцией в сетевые энергосистемы. Для этого было бы чрезвычайно полезно применение накопителей, отвечающих требованиям, близким к рассмотренным выше для традиционной энергетики; однако энергоемкость хранилищ в этом случае должна быть несколько меньше. Подача тепла и электроэнергии изолированным потребителям, не имеющим доступа к централизованным сетям, - проблема типичная для России. В настоящее время наиболее распространенным методом решения этой проблемы является использование дизель-генераторных установок. Следует отметить, что для многих регионов стоимость доставляемого топлива и условия, при которых энергоустановки работают так, что себестоимость вырабатываемой электроэнергии составляет 30 руб. / (кВт · ч) и выше. В этом случае экономически более эффективно эксплуатировать дизельгенераторы совместно с ветровыми и солнечными энергетическими установками, а также включать накопители энергии в энергоустановки, использование которых позволяет эксплуатировать дизельгенераторы в более экономичных режимах. Анализ работы автономных дизель-генераторных агрегатов, например, в населенных пунктах Якутии, показывает, что сглаживание кривой нагрузки за счет буферного накопителя электроэнергии позволяет снизить количество топлива, потребляемого дизель-

генератором в 15–30 раз и снизить стоимость вырабатываемой энергии. Если электроэнергия получается от автономных ветряных и солнечных электростанций малой и средней мощности [4, 5], использование накопителей может представлять интерес не только для сглаживания суточных неравномерностей выработки и потребления, но и для более длительного хранения энергии с возможностью подачи его в течение нескольких дней или даже десятков дней после его создания. В этом случае система накопления энергии должна соответствовать дополнительным требованиям по наличию малых или нулевых токов саморазряда. В список традиционных хранилищ входят гидроаккумулирующие установки (ГАС) и свинцово-кислотные и никель-кадмиевые электрохимические аккумуляторные батареи. В последние годы накопители водородного цикла на основе сжатого воздуха, а также некоторые новые электрохимические системы вступили в стадию демонстрации возможностей технологии и коммерческого использования. Типовые мощности гидроаккумулирующих станций составляют от нескольких сотен до нескольких тысяч мегаватт и время разгрузки от 4 до 10 часов. Наибольшее количество PSP находится в эксплуатации в США. Государства, совокупная электрическая мощность которых (в режиме выработки электроэнергии) превысила 22 ГВт. В Японии построено двенадцать крупных ГАЭС. Капитальные затраты на строительство ГАЭС составляют (2500–4000 долларов США) / кВт, стоимость электроэнергии оценивается в диапазоне (0,05–0,12) долларов США / (кВт · ч), а средний КПД составляет около 66%. Наиболее эффективными являются ГАЭС большой мощности и с напором воды в несколько сотен метров, построенные на каменном фундаменте вблизи центров энергопотребления. Крупные ГАЭС строились за рубежом в России в те годы, когда АЭС вводились в массовом порядке (таблица 1). Первая в бывшем Советском Союзе ГАЭС мощностью 225 МВт была построена под Киевом в 1972 г. В Московской области находится в эксплуатации Загорская ГАЭС мощностью 1200/1350 МВт (в турбинном и насосном режимах). Ожидаемый в европейской части страны до 2030 года интенсивный ввод генерирующих мощностей (АЭС и, возможно, ТЭС на угле) вызовет необходимость в срочном строительстве маневренной ГАЭС, требуемая мощность которых к 2030 году составит около 10 ГВт. В 2007 году началось строительство Загорской ГАЭС мощностью 840/1000 МВт, Зеленчукской совмещенной гидроэлектростанции. ГЭС / ГАЭС, Ленинградская ГАЭС на реке Шапша (1560/1760 МВт), Владимирская ГАЭС на реке Клязьма (1000/1100 МВт), Волоколамская ГАЭС (800/900

МВт) и Центральная ГАЭС на реке Тудовка (3640/3820 МВт) находятся в стадии проектирования и предпроектной проработки. Основная проблема, возникающая при создании гидроаккумулирующих станций - наличие благоприятного профиля местности для строительства ГАЭС вблизи потребителей или маломаневренных генераторов электроэнергетики.

В этом секторе накопителей энергии известно несколько вариантов технических решений. Свинцово-кислотные и никель-кадмиевые электрохимические аккумуляторные батареи (СКЭА и НКЭА) в настоящее время нашли самое широкое практическое применение. Активные вещества, используемые в таких аккумуляторных батареях, сосредоточены в их положительном и отрицательном электродах и образуют электрохимическую систему.

Таблица 1 – Крупные гидроаккумулирующие станции (ГАЭС) за пределами России

ГАЭС (страна)	Год ввода в эксплуатацию	Емкость, МВт	Высота, м
Таум Саук (США)	1963	350	253
Вианден (Люксембург)	1964	900	280
Хоэнварте (Германия)	1965	320	305
Круачан (Англия)	1966	400	440

Такие аккумуляторные батареи серийно выпускаются несколькими компаниями как в России, так и за рубежом для различного применения. Достоинством этих устройств является отработанная технология массового производства СКЭА, приводящая к существенному снижению их стоимости. К сожалению, традиционные СКЭА имеют определенные недостатки: они имеют низкую допустимую глубину разряда (до 30–50%), чувствительны к температуре окружающей среды, имеют относительно небольшой срок службы (500–800 циклов). Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи также имеют некоторые недостатки по сравнению с новыми типами аккумуляторных батарей: они характеризуются низкой удельной мощностью, имеют так называемый эффект памяти, ограничивающий их емкость, они нуждаются в периодическом обслуживании для устранения этого эффекта, и они характеризуются за счет относительно высокого саморазряда. Тем не менее, самые крупные системы хранения для энергообъектов реализованы именно с этими типами

аккумуляторных батарей. Одна из крупнейших в мире систем хранения энергии, созданная на основе СКЭА, была построена в Западном Берлине в 1986 году для аварийного электроснабжения и регулирования частоты в изолированной энергосистеме этой части города. Мощность и накопительные мощности этой системы равны 8,5 МВт и 8,5 МВт · ч соответственно. Еще одна крупная система СКЭА (3 МВт / 4,5 МВт · ч) работает в США на электростанции в городе Вернон (Калифорния). Аккумуляторная батарея служит источником резервного питания и иногда используется для сглаживания пиков электрической нагрузки.

Сжатый до высокого давления (несколько десятков мегапаскалей) воздух закачивается в герметичные подземные полости с использованием электроэнергии, вырабатываемой в часы минимальной электрической нагрузки в энергосистеме. В режиме нагнетания сжатый воздух подается в традиционные гастротурбины.

Таблица 2 – Некоторые свойства литий-ионных аккумуляторных батарей.

Катодная система	Удельная энергоёмкость, (Вт · ч) / кг	Удельная мощность, кВт / кг	Удельная стоимость, \$ / (Вт ч)	Срок службы, циклы *
Li(1 – x) Mn ₂ O ₄	150	0.8-1.0	1.0-3.0	1500
LiCoO ₂	180	0.3-0.4	2.8-5.0	1200
LiFePO ₄	110	2.0-3.0	0.4-2.0	2000+

Характерная мощность существующих систем составляет порядка нескольких сотен мегаватт, а характерное время разряда такого накопителя энергии составляет 4–10 часов. Крупнейшие в мире действующие экспериментальные системы включают в себя энергоустановку мощностью 290 МВт, оборудованную накопителем энергии сжатого воздуха, построенную в Германии (Huntorf), которая работает совместно с ветряной электростанцией, подключенной к сети, и установку мощностью 110 МВт, построенную в Соединенных Штатах (McIntosh, Алабама). Удельные затраты на строительство этих установок оцениваются в \$ (600–1800) / кВт. Ввиду относительно невысоких капитальных затрат и эксплуатационных затрат системы хранения энергии на сжатом воздухе считаются очень перспективными для использования в энергетике. Однако практическое использование таких систем сдерживается из-за отсутствия геологической информации о наличии крупных герметичных подземных полостей,

пригодных для перекачки сжатого воздуха, и из-за их относительно низкого КПД (30–40%).

Проведенный анализ ситуации, существующей в энергетике России и мира, свидетельствует о том, что в будущих энергоустановках ожидается более широкое использование накопителей электроэнергии. Имеющиеся в настоящее время электрохимические аккумуляторные батареи, а также гидроаккумулирующие установки могут использоваться для управления частотой в крупных сетях, сглаживая пики и падения в производстве и потреблении электроэнергии. Последняя функция становится особенно важной в связи с развитием интеллектуальных сетей. Открываются новые ниши для эффективного использования буферных накопителей энергии в составе дизель-генераторных установок, а также в гибридных энергетических комплексах, в которых используются дополнительные ВИЭ, поскольку автономные энергоустановки используются все в большем масштабе и по мере усиления экологических требований. и сильнее. Это позволит снизить расход дорогостоящего жидкого топлива и снизить выбросы вредных веществ. Выбор системы накопления энергии определяется требованиями конкретного потребителя и исходными данными о системе в целом. Следует отметить, что технико-экономические показатели систем накопления энергии, предлагаемых разными поставщиками оборудования, различаются в широких пределах, в связи с чем возникает необходимость в строительстве полигонов и реализации демонстрационных проектов для проведения сравнительных испытаний различных видов оборудования. типы энергоаккумуляторов в условиях, приближенных к эксплуатационным, в соответствии с согласованными процедурами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краузе К. Современные системы накопления энергии // Control engineering Россия. 2020. № 2(86). С. 12-17.

2. 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.

3. Медведева О.Н. К выбору зон применения энергоресурсов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 132-135.

4. 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.

5. 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.

УДК 692.232.4

Хомич В.С.

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

КРИТЕРИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧНЫХ БОЛЬНИЧНЫХ ЗДАНИЙ

Энергоэффективность в зданиях в настоящее время объективно важна для достижения, и ее требования подчеркиваются в энергетической политике для зданий на региональном, национальном и международном уровнях. Он циркулирует среди использования строительных служб. В этом документе анализируется доступная информация о критериях энергоэффективности для больничных зданий, в частности, большинство больничных зданий работают круглосуточно с высоким потреблением энергии. Анализ развития «зеленой» больницы проводится с целью подчеркнуть важные аспекты энергоэффективности в здании больницы. Представлен обзор существующих практик устойчивого энергосбережения, влияющих на планирование «зеленых» больниц, выполненный с помощью матричного обследования. Это дает возможность оценить мотивацию к устойчивому или экологичному развитию больничных зданий через систему рейтингов зданий. Внимание уделено обзору критериев энергоэффективности, поскольку они должны быть введены в будущее планирование и проектирование зеленых больничных зданий. Перечислено несколько критериев, и их актуальность для устойчивого развития энергетики для строительства зеленых больниц доступна. Результаты показывают, что несколько важных критериев устойчивости больниц могут улучшить практику энергоэффективности больничных зданий на этапах планирования и проектирования. Критерии энергоэффективности в рейтинговой системе зеленых больничных зданий потенциально могут внести положительный вклад

в энергетическую инженерию, что также может привести к большему сокращению энергопотребления в больничных зданиях и, таким образом, напрямую улучшить углеродный след.

В 2003 г. был проведен опрос, проведенный «желтыми страницами», с целью выявить изменение отношения к современному образу жизни [1]. Людей в возрасте от 22 до 44 лет спрашивали, какие круглосуточные (24 часа в сутки, 7 дней в неделю) товары и услуги они больше всего хотели бы видеть доступными в их районе. Наиболее востребованной круглосуточной услугой была медицинская помощь: чуть менее двух третей людей хотели иметь возможность связаться со своим врачом, дантистом или местной аптекой в любое время дня и ночи. Наиболее очевидный результат этих изменений - люди будут тратить больше денег на электроэнергию. Существенное меньшинство домохозяйств бедны топливом, однако официальное определение таково, что они тратят более 10% своего располагаемого дохода на отопление и свет. Обычно рост потребления электроэнергии может повлиять на цены на электроэнергию. Безостановочное общество вынуждает потребителей вести неустойчивый образ жизни [2].

По оценкам Международного энергетического агентства и других глобальных организаций, примерно 2,6 миллиарда человек в развивающихся странах - более одной трети населения мира - используют биомассу для приготовления пищи. Еще 200–300 миллионов человек используют уголь для приготовления пищи и обогрева. Все это имеет серьезные последствия для здоровья человека; около 3,5 миллионов человек ежегодно умирают преждевременно в результате воздействия таких методов загрязнения воздуха в помещениях. Доступ к современным источникам энергии и передовым технологиям может значительно сократить эти людские потери [3]. Технологии и энергия работают вместе, чтобы найти практические решения. Это то, что делает возможными современные стандарты жизни.

Ожидается, что к 2040 году население мира увеличится примерно до 9 миллиардов человек по сравнению с примерно 7 миллиардами сегодня. Поскольку мировое население увеличится примерно на 30 процентов с 2010 по 2040 год, мировой ВВП вырастет примерно на 140 процентов [5]. Хотя все страны, вероятно, испытают экономический рост, в некоторых ожидается очень быстрый рост. Более пристальный взгляд на эти тенденции показывает, что то, что действительно движет спросом страны на энергию, — это не только размер ее экономики или ее население, но, скорее, взаимодействие этих двух уровней доходов ее граждан. Люди на Земле, которые ежедневно используют энергию,

чтобы сделать свою жизнь богаче, продуктивнее, безопаснее и здоровее. Это, пожалуй, самая большая движущая сила спроса на энергию. Поскольку энергия сопряжена с расходами, она требует надлежащего учета доходов потребителей. На глобальном уровне истощение энергетических ресурсов, усиление глобального потепления и его неблагоприятные последствия, такие как повышение температуры [4], экстремальные погодные условия и загрязнение окружающей среды, являются одними из ключевых факторов, стимулирующих исследования в этой области. На первом уровне мотивация конечных пользователей к экономии энергии является обязательным условием успеха любых усилий по разрешению обострения энергетического кризиса [6].

Критерии энергоэффективности (EE) являются частью требований для системы зеленого рейтинга. Таким образом, определение этих критериев жизненно важно при проведении данного исследования. Во всем мире существуют различные системы зеленого рейтинга. Критерии EE взяты из существующей системы зеленого рейтинга [5]. В области устойчивости больниц было проведено мало исследований, поскольку устойчивость не входит в список приоритетов больничных советов. Поэтому, когда речь идет об устойчивости здания больницы, уместно изучить экологические критерии. В настоящее время основное внимание в этом исследовании уделяется экологическим критериям специально для Малайзии.

Система зеленого рейтинга для здания больницы определяется для того, чтобы перечислить критерии, используемые для зеленой больницы. Есть BREEAM, LEED и Green Star. Существующая система зеленого рейтинга в Малайзии была выбрана для того, чтобы различать все системы рейтинга, использованные в этом исследовании. Система зеленого рейтинга GBI из Малайзии выбрана, поскольку она замечательно зарекомендовала себя с 2010 года. Был проведен анкетный опрос для определения списка критериев, которые считаются важными при составлении рейтинга критериев зеленой энергии для развития зданий здравоохранения. Определяется степень важности каждого критерия. Шкала Лайкерта используется для получения богатых данных. Статистический программный пакет используется для статистического анализа. 19 критериев были достигнуты проектной группой здания больницы через анкету. Чтобы иметь возможность выбрать подходящий метод анализа, необходимо определить уровень измерения. В исследовании использовалась порядковая шкала. Подробные критерии были переданы проектировщику больницы, чтобы увидеть важность каждого критерия.

Был подготовлен анкетный опрос для определения важных критериев, влияющих на планирование и проектирование зеленого здания больницы. Оценивались средние значения критериев. Есть элементы, которые были сочтены очень важными и менее важными в этом исследовании. Необходимо провести подробное исследование, чтобы выявить плюсы и минусы каждого критерия и факторов, влияющих на выбор зеленого здания больницы.

Таблица 1 – Разница в энергетических критериях между каждой зеленой рейтинговой системой

№	Энергоэффективность. GBI NREB	Энергоэффективность. GBI NRNC	Энергия. BREEAM	Энергия и атмосфера. LEED	Энергия. GREEN STAR
1	Минимальная производительность EE	Минимальная производительность EE	Низкоуглеродные или нулевые углеродные технологии	Оптимизировать энергоэффективность	Снижение пикового спроса на энергию
2	Зона освещения	Зона освещения	-	-	Зона освещения
3	Подсчет электроэнергии	Подсчет электроэнергии	Подсчет значительного потребления энергии	-	Подсчет энергии
4	Возобновляемая энергия	Возобновляемая энергия	-	Возобновляемая энергия на месте	-
5	Расширенные или улучшенные характеристики EE - BEI	Повышенная производительность EE – BEI	-	Энергоэффективные строительные системы	-
6	Расширенный или повторный ввод в эксплуатацию	Расширенный или повторный ввод в эксплуатацию	-	Расширенный ввод в эксплуатацию	-
7	Мониторинг и улучшение ЭЭ	EE проверка	-	-	-

Конкретные энергетические критерии были разработаны на основе экологических рейтинговых систем для зданий больниц.

Есть:

1. Минимальные показатели энергоэффективности (EE).

2. Зонирование освещения.
3. Подсчет электроэнергии.
4. Возобновляемые источники энергии.
5. Расширенные или улучшенные показатели энергоэффективности.
6. Улучшенные, ввод в эксплуатацию или повторный ввод в эксплуатацию.
7. Ввод в эксплуатацию после размещения / Текущий ввод поста в эксплуатацию.
8. Мониторинг и улучшение ЭЭ.
9. Устойчивое техническое обслуживание.
10. Выбросы парниковых газов.
11. Улучшение управления хладагентами.
12. Измерение и проверка.
13. Предотвращение загрязнения окружающей среды - выбросы в атмосферу.
14. Автомобиль вентиляция парка.
15. Эффективное внешнее освещение.
16. Подсчет площадей с высокой энергетической нагрузкой и арендованных площадей.
17. Обеспечение энергоэффективным оборудованием.
18. Энергетика сообщества ТЭЦ.
19. Лифты.

В общей сложности 130 анкет было отправлено команде проектировщиков здания больницы в Малайзии. Это размер выборки, выбранный для группы проектировщиков, участвующих в строительстве государственной больницы. Было получено 90 ответов из 130 отправленных, что составляет 64%. Приемлемый процент ответов при использовании анкеты, заполняемой самостоятельно, обычно составляет от 25% до 35%. Демографические характеристики участников этого исследования показаны в (таблице 2).

Таблица 2 – Демографические характеристики респондента

№	Команда дизайнеров	Всего респондентов
1	Архитектор	18
2	Инженер-строитель	18
3	Структурный инженер	18
4	Инженер-электрик	18
5	Инженер-механик	18
	ВСЕГО	90

Правильная разработка и эксплуатация строительных проектов, таких как здание больницы, может внести значительный вклад в успех устойчивого развития. Зеленые здания имеют хороший долгосрочный экономический смысл. При правильной интеграции систем общие первоначальные затраты могут быть ниже для зеленых зданий, чем для стандартных зданий, в то время как эксплуатационные расходы ниже для зеленых зданий. Зеленое развитие - это общий быстро развивающийся сектор, поскольку частный и государственный сектор планируют множество инициатив по содействию охране окружающей среды. Возможно, определение критериев важности поможет в планировании и проектировании здания больницы в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голованова Л.А., Блюм Е.Д. Энергоэффективные строительные конструкции и технологии // Ученые заметки ТОГУ. 2014. Том 5, № 4. С. 71-77.
2. Паук Ю.Ю. Энергосберегающие технологии в современном строительстве // Научный альманах. 2015. №1 2. С. 280-283.
3. Змачинский А.Э., Галузо О.Г. Основы энергосбережения в строительстве. Минск: БНТУ, 2007. 277 с.
4. 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.
5. Петкевич А.П., Тихомирова Т.И. О потенциале энергосбережения 2015-2020 г. // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 128-132.
6. Тарасенко В.Н., Денисова Ю.В. Проблема энергосбережения в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 63-68.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТАНОВКИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ НА КОММУНАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Сектор теплоснабжения - один из крупнейших потребителей энергоресурсов в России, которому требуется более 400 млн тонн угольного эквивалента в год или 45% от общего потребления. В 2000 году общий объем производства тепловой энергии составил 2060 млн Гкал [1]. Комплексное производство тепловой энергии составляет 71%, и только 21% приходится на местные источники. Тепловые электростанции вырабатывают более 34% всей тепловой энергии, а котельные - почти 50% [1].

Значительная доля энергоресурсов в процессах производства и доставки тепла потребляется насосными и вентиляционными установками, обслуживающими эти процессы. Одним из наиболее эффективных способов экономии энергоресурсов является оснащение этих объектов частотно-регулируемыми электроприводами. В Москве и других городах России централизованная система теплоснабжения. Суммарная тепловая мощность тепловых электростанций Москвы составляет 13 937 Гкал/ч. В последние годы централизованное теплоснабжение улучшается за счет таких мер, как автоматизация центральных тепловых пунктов (ТЭЦ), региональных и районных тепловых станций (РТС и ДТС), установка ИТП [7] и оснащение их частотно-регулируемыми приводами (ЧРП). Их использование позволяет:

– значительно снизить расход электроэнергии из электросети за счет исключения дросселирования рабочего тела (воды, воздуха, дымовых газов) с помощью запорно-регулирующей арматуры и демпферов, что требует энергии для уменьшения их лобового сопротивления;

– снизить средние потери воды и тепла на ТЭЦ за счет поддержания минимально необходимого давления холодной и горячей воды у потребителей в автоматическом режиме независимо от перепадов давления в городском водопроводе;

– обеспечить благоприятные условия эксплуатации оборудования за счет плавного пуска насосных и вентиляционных агрегатов за счет существенного снижения гидравлических ударов в трубопроводах и исключения электродинамических эффектов, повышенных в 5-7 раз по отношению к номинальному значению пусковых токов на трубопроводе. электрические сети и двигатели и тем самым снижение износа насосов, запорной арматуры, подстанционных трубопроводов и тепловых сетей, приводных двигателей и трансформаторов;

– повысить КПД котлов РТС и снизить расход топлива до 5% за счет стабилизации гидравлики и оптимизации сжигания топлива;

– снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;

– снизить выбросы углекислого газа, производимого когенерационными установками и РТС, за счет снижения потребления электроэнергии и тепла;

– автоматизировать работу систем отопления за счет повышения эффективности АСУ ТП;

– обеспечить комфортные условия труда для персонала.

В частности, наибольший экономический эффект на ТЭЦ наблюдается при оснащении насосов холодного водоснабжения (ХВС) частотно-регулируемым приводом. Такие насосы (с электродвигателями мощностью от 2 до 30 кВт и напряжением 380 В) используются для подачи холодной воды конечному потребителю; кроме того, часть холодной воды после ХВС поступает в водонагреватели и поступает в дома в виде горячей воды. Насосы холодной воды на ТЭЦ рассчитаны на максимальное потребление воды в часы пик и имеют значительный расчетный запас по напору, что приводит к значительным скачкам давления холодной и горячей воды в местах потребителей при колебаниях расхода воды и воды. давление в городском трубопроводе и, как следствие, чрезмерное потребление воды населением и потери от протечек.

Установка ПЧ на насосы холодного водоснабжения ТЭЦ показала, что за счет снижения расхода горячей воды на ТЭЦ экономится около 40% электроэнергии, 12% холодной воды и 12% тепла. Расчеты показывают, что замена целесообразна примерно на 75% действующих ТЭЦ; оснащать оставшуюся часть экономически нецелесообразно в связи с длительной окупаемостью проектов установки ПЧ. Сегодня Московская объединенная энергетическая компания (МОЭК) работает над проектом по оснащению 4000 ТЭЦ частотно-регулируемым приводом. Предварительная оценка с использованием электронных баз данных по ТЭЦ Москвы показала, что это должно обеспечить экономию 45 млн кВт · ч электроэнергии, около 60 млн м³ воды и около 1 000 000

Гкал тепла. Расчет проводился по методике, изложенной в [2]. С учетом тенденции поступательного роста тарифов на электроэнергию, воду и тепло экономический эффект в денежном эквиваленте следует рассчитывать с введением тренда на основе статистических данных о росте тарифов за последние несколько лет. лет и использование прогнозов, сделанных в [1-4]. Сетевые насосы и вентиляторы теплогенерирующих котлов представляют наибольший интерес с точки зрения экономической эффективности РТС. Сетевые насосы РТС с асинхронными двигателями мощностью 630 и 800 кВт и синхронными двигателями мощностью 1250 кВт на 6 и 10 кВ обеспечивают транспортировку теплоносителя через котлы, где он нагревается, выводится в тепловую сеть, а затем передается через водогрейные теплообменники ТЭЦ для последующего возврата на ТЭЦ для повторного нагрева. Поскольку электроприводы сетевых насосов являются частотно-регулируемыми (электродвигатели работают с постоянной номинальной частотой вращения), давление и расход для перекачки необходимо регулировать запорной арматурой, что приводит к потерям электроэнергии и снижает надежность работы оборудования. Применение систем частотного регулирования на сетевых насосах позволяет экономить от 2 до 10 млн кВт · ч в год при стандартной РТС. При этом нет необходимости оснащать каждый сетевой насос ЧРП. Стоимость проекта снижена за счет использования так называемых систем группового управления (СГК) сетевых насосов от одного преобразователя частоты.

Расчет эффективности установки ПЧ на сетевых насосах 29 РТС и 24 ДТС показал, что прогнозируемый общий объем сэкономленной электроэнергии должен составить 150 млн кВт · ч в год.

Естественно, что целесообразность установки ЧРП определяется с учетом влияния всех составляющих эффекта для каждого конкретного случая.

Эффективность котлов на тепловых станциях во многом зависит от качества процесса сжигания топлива (газа). Это определяет количество вредных выбросов в атмосферу. Поэтому важно обеспечить оптимальное сгорание топлива при правильном соотношении газозоодушнoй смеси, подаваемой в топку.

Использование ЧРП на вентиляторах котлов для обеспечения автоматического регулирования условий горения позволяет экономить до 1% газа [5, 6], что дает экономию газа до 100 000 тыс. М2 в год при условии, что все котлы РТС и ДТС Москвы оснащены частотно-регулируемым приводом.

Использование частотных систем регулирования мощности насосно-вентиляторных устройств должно в определенной степени улучшить экологическую ситуацию в регионе.

Очевидно, что использование энергоэффективных процессов и оптимизация использования топлива на ТЭЦ и тепловых станциях снизит негативный эффект выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

Например, после оснащения ПЧ 4000 ТЭЦ Москвы выброс CO₂ может составить:

– около 25 000 тонн в год за счет снижения потребления электроэнергии, производимой когенерационными установками;

– около 40 000 тонн за счет снижения расхода тепла на ТЭЦ, принимающих теплоноситель от ТЭЦ, и около 50 000 тонн на цели ТЭЦ, получающих теплоноситель от РТС и ДТС.

Учитывая, что котлы всех РТС и ДТД Москвы оснащены системами оптимизации сжигания топлива на основе ЧРП на нагнетательных вентиляторах, то количество сэкономленного газа будет соответствовать сокращению выбросов CO₂ в атмосферу примерно на 170 000 тонн в год.

Совершенно необходимой мера - эффективная политика, направленная на энергосбережение за счет внедрения энергосберегающих технологий, включая очень эффективную и быстро окупаемую установку частотно-регулируемых приводов на механизмах предприятий теплоснабжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанов А.В., Игнатъев В.С. Жесткость климата и надежность систем теплоснабжения // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. № 4-5. С. 1300-1302.

2. Богатенков А.А. Энергосервисные контракты в МКД по теплу – нужно дополнительное регулирование [Сайт]: Energiavita [2020]. URL: <https://energiavita.ru/2020/10/14/ehnergoservisnye-kontrakty-v-mkd-po-teplu-nuzhno-dopolnitelnoe-regulirovanie> (дата обращения 10.01.2022).

3. Богатенков А.А. Потребление тепловой энергии в МКД – как заключить энергосервисный договор? [Сайт]: Energiavita [2020]. URL: <https://energiavita.ru/2020/03/20/andrej-bogatenkov-potreblenie-teplovoj-ehnergii-v-mkd-kak-zaklyuchit-ehnergoservisnyj-dogovor/> (дата обращения 10.01.2022).

4. Трубаев П.А. Методы автоматизации управления энергоэффективной работой насосов и насосных установок // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 140-147.

5. 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.

6. Гашо Е.Г., Булгаков Н.С., Шкуро Ю.Д. Оценка энергетических эффектов модернизации зданий и микрорайонов в процессе реновации // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 196-199.

7. Бычихин С.А., Свирин М.В., Трубаев П.А. Оценка энергосберегающего эффекта при установке автоматизированных тепловых пунктов в образовательных учреждениях // Энергетические системы. 2018. № 1. С. 129-133.

УДК 666.94:621.926

Хомутов С.А.

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

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Производство цемента является одной из самых энергоемких отраслей промышленности в мире, на долю энергии обычно приходится около 30-40% производственных затрат. Снижение себестоимости продукции очень важно. Поэтому в прошлом было проведено много исследований по эффективному использованию энергии.

Более того, эти исследования, основанные на эксергетическом анализе, сосредоточены только на промышленном применении. В этой статье мы рассмотрим эксергетический анализ, эксергетический баланс и эксергетическую эффективность для цементной промышленности. Установлено, что эксергетическая эффективность установок по производству цемента колеблется от 18% до 49%, а потери эксергии из-за необратимости из печи выше, чем у других установок на заводе по производству цемента.

Цементная промышленность является одной из наиболее энергоемких отраслей, на долю энергии обычно приходится около 30-40% затрат на производство. Согласно нескольким исследованиям и

результатам полученное производство на каждую тонну цемента потребляет энергию от 4 до 5 ГДж/тонна. Установлено, что эта доля энергии цементной промышленности в промышленной сфере колеблется от 12% до 15%. Для рассмотрения всех видов промышленности эта доля колеблется от 2% до 6% в пересчете на общее потребление энергии.

Производство цемента относится к числу наиболее энергоемких промышленных процессов. Для снижения энергопотребления в этом процессе, отработанное тепло может быть утилизировано с помощью системы когенерации для производства энергии в форме электричества без дополнительного потребления топлива, следовательно, снижение высокой стоимости электроэнергии. Ван исследовал эксергетический анализ для каждой системы когенерации в цементной промышленности (одиночный паровой цикл с мгновенной вспышкой, паровой цикл с двойным давлением, органический цикл Ренкина и цикл Калины.

В последнее время растет интерес к использованию как энергетического анализа, так и оценок эксергетического анализа для использования энергии и, таким образом, достижения финансовой экономии. Динсер и др. [7] применили анализ энергии и эксергии в промышленном секторе Саудовской Аравии, Utlu и Hepbasli изучили эти анализы в промышленном секторе Турции, Al-Ghandoor и др. представили использование энергии и эксергии в производственном секторе США. Анализ энергии и эксергии применялся во многих секторах Малайзии, а именно, технологическое отопление в промышленном секторе [5], транспортном секторе.

Иксар и Рахими представили описание математической модели для анализа энергии и эксергии для системы охлаждения с одновременным распылением газа, которая основана на некоторых рабочих данных для коммерческого цементного завода в Иране. Законы сохранения массы, энергии и импульса использовались для расчета эффективности энергии и эксергии. Туил применил концепцию анализа к колосниковому охладителю, который является одной из частей системы обжига клинкера, а также вращающейся печи и подогревателя суспензии в цементной промышленности.

Известные источники энергии в настоящее время быстро истощаются, что приводит к увеличению затрат на энергию. В настоящее время проводится несколько исследований по контролю механизмов, ответственных за деградацию энергии, с целью минимизации системных потерь и снижения затрат [4]. Поскольку энергетический анализ не может указать как преобразование энергии, так и местоположение деградации энергии, в последние годы возник

растущий интерес к принципу особой способности измерять различные виды энергии для работы и широко известному как эксергия. Широкое применение эксергетического анализа может привести к сокращению использования природных ресурсов и, таким образом, к снижению загрязнения окружающей среды [1]. Основной целью эксергетического анализа является выявление причины термодинамических несовершенств термических и химических процессов. Эксергетический метод термодинамического анализа основан как на первом, так и на втором законах термодинамики вместе взятых, в то время как энергетический анализ основан только на первом законе. Особенностью концепции эксергии является возможность количественной оценки деградации энергии.

Эксергия - это максимальный рабочий потенциал системы, потока энергии или теплового взаимодействия в качестве исходного состояния по отношению к отражающей среде. Кроме того, эксергию можно определить, как меру минимальной работы, необходимой для производства товаров, стоимости преобразования энергии и использования производственных систем. Поток вещества может быть классифицирован как включающий термомеханическую эксергию и химическую эксергию в соответствии с недавними определениями. Она имеет три типа: физическая энергия, кинетическая энергия и потенциальная энергия [1]. В большинстве случаев изменения потенциальной и кинетической энергии могут быть представлены пренебрежимо малой величиной, и они не учитываются при анализе энергии. Для потока материала общее содержание эксергии получается путем суммирования этих упражнений, упомянутых выше [3]. Таким образом, удельная эксергия на молярной основе идеальная смесь влажного воздуха может быть получена с помощью следующего выражения:

$$ex_t = x_a[h_a - h_a^* - T_0(s_a - s_a^*) + \mu_a - \mu_{a,00}] + x_v[h_v - h_v^* - T_0(s_v - s_v^*) + \mu_v - \mu_{v,00}] \quad (1)$$

Нулевое состояние было представлено индексом 00 в приведенном выше уравнении. После замены и некоторых упрощений соответствующих выражений в предыдущем уравнении общая эксергия воздуха определяется следующим уравнением:

$$Ex_a = Gy \left(Cp_a + yCp_v \right) T_a - T_0 - T_0 \ln \frac{T_a}{T_0} + R_a T_0 \times 1 + \frac{Ma}{Mv} y \ln \frac{1 + (Ma/Mv)y_{00}}{1 + (Ma/Mv)y} + \frac{Ma}{Mv} y \ln \frac{y}{y_{00}} \quad (2)$$

где первый член в скобках в приведенном выше уравнении представляет собой энергию воздуха за счет теплопередачи конвекции ($Ex_{a,conv}$), в то время как второй член представляет собой энергию воздуха за счет теплопередачи испарения ($Ex_{a,evap}$).

Содержание эксергии потока для жидкости может быть получено следующим образом:

$$Ex_w = L_w[(h_w - h_0) - T_0(s_w - s_0) - R_v T_0 \ln \theta_0] \quad (3)$$

Что касается тепловых характеристик, то чрезвычайно полезную информацию можно получить с помощью теплового баланса для любой системы. Он показывает, где и как происходит потребление тепла, вырабатываемого топливом.

В обозримом периоде цементная промышленность останется важным потребителем ископаемого топлива. Помимо того, что это подтверждается фактом производства клинкера, нельзя принимать во внимание другие источники тепла, которые могут быть возможны в других областях применения оксидных материалов. Одним из наиболее важных способов решения этой проблемы является увеличение количества топлива, которое может сжигаться на клинкерной установке. Расширение ассортимента видов топлива, которые могут быть использованы при производстве клинкера, ставит проблему выбора одного вида топлива перед другим.

Трубаев и Беседин [5] предложили обобщенную форму термодинамических критериев эффективности производства клинкера, которая учитывает сырье и типы клинкера.

Энергоэффективность печи может быть получена с помощью следующего уравнения:

$$\eta_{kilt} = e^{\frac{ex_p - ex_{np}}{ex_f + ex_{ep}}} \quad (4)$$

В производственном процессе каждый этап включает в себя образование неисправностей и, следовательно, потери эксергии (часто потери эксергии ошибочно интерпретируются как потери энергии). Вклад концепции эксергии наиболее ценен своей способностью объективно проявляться в единицах энергии, независимо от их экономической ценности.

Туил пришел к выводу, что информация об эксергетических потерях в колосниковом охладителе цементной промышленности известна с помощью эксергетического анализа. Значения потерь составляют 50,68 от уровня теплообмена между воздухом и клинкером

и 5,08 от отработанного воздуха. Считается, что потери тепловыделяющего потока охладителя отбрасываются в окружающую среду при T_0 .

Использование эксергетического анализа является основной целью для выявления и оценки причин термодинамической неэффективности. Эксергетический анализ дает нам указания по повышению производительности системы.

Эксергетический анализ позволяет проводить термодинамическую оптимизацию системы, которая может заключаться:

- в выборе наиболее выгодных параметров технологических потоков;

- в выборе режимов работы оборудования;

- в замене оборудования;

- в реструктуризации системы.

Эксергетический анализ дает информацию относительно возможного улучшения термодинамических процессов.

Эксергия термодинамической системы (ТС) - максимальная работа, которую система производит при обратимом переходе в состояние полного равновесия с окружающей средой. Эксергия тел зависит от параметров тела и от параметров окружающей среды.

Эксергия ТС имеет физическую и химическую составляющие. Физическую эксергию тела составляют его потенциальная и кинетическая энергии с частью внутренней энергии или, для потоков вещества, с частью энтальпии.

В ходе анализа систем преобразования энергии при расчете эксергии потока рабочего тела, при расчете физической составляющей эксергии индивидуального вещества можно воспользоваться соотношением:

$$e = (i - i_0) - T_0 (s - s_0) \quad (5)$$

Где i , s - соответственно энтальпия и энтропия системы в данном состоянии; i_0 , s_0 - соответственно энтальпия и энтропия системы в состоянии равновесия с окружающей средой, т.е. при $T = T_0$, $p = p_0$; T_0 , p_0 - соответственно температура и давление окружающей среды.

Для определения эксергии потока теплоты q , характеризующегося постоянным температурным уровнем T , используется соотношение:

$$\tau q = e, \quad (6)$$

где $\tau = (1 - T_0/T)$ - эксергетическая температурная функция.

Эксергия, обусловленная взаимодействием системы с окружающей средой за счет химического потенциала, называется химической. Различают реакцию и концентрационную составляющую химической эксергии.

Химическая эксергия веществ определяется несколько сложнее и ее значения приводятся в термодинамических справочниках.

Уравнение баланса эксергии термодинамической системы имеет следующий вид:

$$E' = E'' + D \quad (7)$$

где E' - сумма всех входных потоков эксергии ТС, так называемый, эксергетический вход системы; E'' - сумма всех выходных потоков эксергии ТС, так называемый, эксергетический выход системы.

Потери эксергии, как и ее потоки, абсолютно аддитивны, что позволяет записать соотношение

$$D = D_i + D_e \quad (8)$$

где D_i - внутренние потери, связанные с внутренними процессами, вызванные необратимостью вследствие трения, смешения, тепло- и массообмена; D_e - внешние потери, вызванные необратимостью процессов сопряжения системы и модели окружения, а также наличием далее не используемых, уходящих из ТС в окружающую среду потоков вещества или энергии, имеющих не нулевую эксергию [3].

Эксергетический баланс. Параметры окружающей среды

При проведении расчета эксергии состояние вещества сравнивается с состоянием окружающей среды. Принимаем следующие параметры окружающей среды (воздуха):

- температура окружающей среды;
- давление окружающей среды;
- влажность окружающей среды.

Изобразим структурную схему потоков эксергии (рисунок 1).

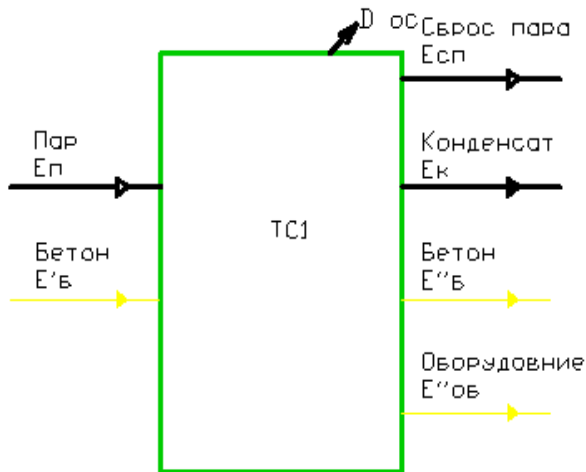


Рис. 1 Структурная схема потоков эксергии автоклава

Эксергия оборудования до тепловлажностной обработки будет равна нулю, поскольку оборудование находится при температуре окружающей среды.

В данной статье мы выявили, что эксергетический анализ позволяет проводить термодинамическую оптимизацию системы, которая может заключаться:

- в выборе наиболее выгодных параметров технологических потоков;
- в выборе режимов работы оборудования;
- в замене оборудования;
- в реструктуризации системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев Е.А., Трубаев П.А. Дифференциация эксергетических потерь в линии производства керамзита // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 136-140.
2. Повышение эффективности тепломассообменных процессов в производстве цемента / В.М. Коновалов, С.А. Перескок, М.А. Петрова, А.Н. Образумов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 176-181.

3. Губарева В. В. Снижение энергозатрат при производстве строительных материалов // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 486-489.

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

5. Трубаев П.А., Беседин П.В. Критерии термодинамической эффективности получения цементного клинкера из природного сырья // Теоретические основы химической технологии. 2005. Т. 39. № 6. С. 666-672.

6. Nyquist S., Manyika J., Renewable energy: Evolution, not revolution. McKinsey Company. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/renewable-energy-evolution-not-revolution>.

7. Ерофеев В.Т., Родин А.И., Богатов А.Д., Казначеев С.В., Смирнов В.Ф., Светлов Д.А. Физико-механические свойства и биостойкость цементов, модифицированных серноокислым натрием, фтористым натрием и полигексаметиленгуанидин стеаратом // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 7. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. Ч. 2. С. 292-309.

8. Erofeev V., Kalashnikov V., Karpushin S., Rodin A., Smirnov V., Smirnova O., Moroz M., Rimshin V., Tretiakov I., Matvievskiy A. Physical and mechanical properties of the cement stone based on biocidal Portland cement with active mineral additive // Solid State Phenomena. 2016. Vol. 871. Pp. 28–32.

УДК 666.94:621.926

Хомутов С.А.

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

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ВИДА

Растущий спрос на энергоносители вызвал интерес к повышению эффективности оборудования станции и оптимизации существующих тепловых электростанций. Кроме того, зависимость тепловой электростанции от ископаемого топлива немного усложняет задачу, поскольку всегда принималось во внимание воздействие на окружающую среду. В настоящее время большинство электростанций

будут проектироваться по критерию энергетической эффективности, который основан на первом законе термодинамики. Иногда энергетический баланс системы недостаточен для возможного обнаружения недостатков системы. Потери энергии, происходящие в системе, могут быть легко определены с помощью эксергетического анализа. В настоящее время экономическая оптимизация установки также является большой проблемой для исследователей из-за ее сложного характера. С точки зрения, из этого был тщательно проведен всесторонний обзор литературы за годы энергетического, эксергетического, эксергеоэкономического и экономического анализа (4-E) и их применения на тепловых электростанциях, работающих на угле, газе, комбинированном цикле и когенерационных системах. Эта статья адресована тем исследователям, которые проводят свою исследовательскую работу по анализу 4-E на различных тепловых электростанциях [1]. Если кто-нибудь извлечет идею для разработки концепции 4-E анализа с помощью этой статьи, мы достигнем нашей цели. Этот обзор также указывает на масштабы будущих исследований на тепловых электростанциях.

Энергия играет важную роль в развитии современной экономики для промышленности, сельского хозяйства, транспорта и бытовых нужд в любой стране. Электростанции, работающие на ископаемом топливе, обеспечивают 80% мировой выработки электроэнергии, а остальная часть - за счет других ресурсов, таких как атомная энергетика, гидроэлектроэнергия, геотермальная энергия, солнечная энергия и другие энергии. В большинстве стран тепловые электростанции играют важную роль в производстве энергии. Таким образом, исследовательская работа должна быть направлена с достаточным вниманием на оптимизацию этих электростанций. В развивающихся странах энергоснабжение менее надежно из-за его более высокой цены. Действительно, существует необходимость пересмотреть варианты использования энергии с наименьшими затратами. Поскольку, с точки зрения энергоэффективности, анализ первого закона был признан недостаточным. Так, при термодинамическом анализе различных тепловых процессов и систем установок, эксергетический анализ приобретает все большее значение [6]. Хорошо известно, что полное преобразование тепла в работу невозможно.

Итак, та часть, которая доступна для преобразования, называется эксергией. Это свойство, связанное с состоянием системы и окружающей среды, в настоящее время является полезным инструментом для различения внутренней необратимости и потерь

энергии в процессе. Производительность тепловой электростанции может быть оценена с помощью критериев энергетической эффективности, которыми являются электрическая мощность и тепловая эффективность [1]. В последние десятилетия эксергетический анализ установок был признан полезным методом при проектировании, оценке, оптимизации и совершенствовании тепловых электростанций. Понятие эксергии было разработано Дж. Уиллардом Гиббсом в 1878 году. Она была дополнительно развита Зораном Рантом в 1957 году. Эксергия основана на втором законе термодинамики и концепции необратимого производства энтропии. Это полезный рабочий потенциал энергии. Эксергетический анализ помогает определить потери, происходящие в системе. С помощью этого метода легко получить потребление энергии в разных точках, различные коэффициенты полезного действия компонентов и точки наибольших потерь, и, следовательно, это помогает предпринять необходимые действия для их уменьшения. Установлено, что это лучший инструмент оптимизации цикла для заданной входной информации. Эксергетический анализ и область его применимости также были тщательно обсуждены. В последнее время ряд исследователей со всего мира сосредоточили свое внимание на 4-Е анализе тепловой электростанции с целью оптимизации качества энергии [7]. Некоторые исследователи представили обзорную статью по эксергетическому анализу, которая помогает молодым исследователям разобраться в проблемах предыдущего года. На электростанциях была получена информация о различных показателях энергетической и эксергетической эффективности, которая полезна инженерам-проектировщикам. Значительное улучшение тепловых характеристик энергоблоков и потребляющих устройств может быть достигнуто за счет объединения эксергетического анализа с экономическим анализом.

В ряде случаев исследователи сосредоточили свою работу на эксергетическом анализе газотурбинных электростанций. Характеристики производительности газовой турбины большой мощности могут быть проанализированы с помощью эксергетического анализа. Камера сгорания газовой турбины производит наибольшую эксергию, так что компрессор может уменьшить потери энергии из-за увеличения отношения давлений в цикле. Сделан вывод, что для системы выработки электроэнергии на основе газовой турбины для сжигания топлива КПД установки выше при полной нагрузке, чем при частичной нагрузке. Кроме того, увеличение точек заземления снижает эффективность установки. Абдул Халик проанализировал влияние различных параметров на разрушение эксергии в каждом компоненте,

следуя анализу второго закона в системе тригенерации, основанной на обычном газотурбинном цикле. Амролахи провел эксергетический анализ электростанции с комбинированным циклом на природном газе с установкой улавливания CO₂ и представил предложения по эффективному энергетическому интегрированному процессу химического поглощения. На сравнительной основе влияние различных рабочих параметров цикла на термодинамические характеристики базовой газовой турбины и циклы газотурбинных двигателей с промежуточным охлаждением были проанализированы Кумари. Эксергетический и эксергоэкономический анализ, проведенный рядом исследователей на газотурбинной электростанции. Эксергетическая и эксергоэкономическая оптимизация была выполнена Фулади и Саффари. Также Кавири и Джафар провели эксергетическую оптимизацию газотурбинной электростанции. Чен представил анализ производительности и оптимизацию газотурбинной электростанции с регенератором открытого цикла. Ахмади и Динсер [4] предложили комплексное термодинамическое и эксергоэкономическое моделирование газотурбинной электростанции.

На электростанции с комбинированным циклом на природном газе был применен традиционный и усовершенствованный эксергетический анализ. В комбинированных циклах газовых и паровых турбин влияние различных рабочих параметров на производительность цикла было представлено с использованием анализа второго закона. Анализ эксергии реальной электростанции с комбинированным циклом с дополнительным сжиганием был предложен Боягчи и Молайе. Карраби и Расулипур провели термическую и эксергетический анализ воздействия дополнительного горения на парогенератор с рекуперацией тепла при различных температурах окружающей среды и различных нагрузках на газовую турбину на электростанции с комбинированным циклом мощностью 420 МВт. Результаты показали, что дополнительный обжиг увеличивает общие потери эксергии, следовательно, общая эксергетическая эффективность установки снижается. Хаджабдоллахи подготовил модель парогенератора с рекуперацией тепла и ряд уровней давления, используемых на электростанциях с комбинированным циклом, используя эволюционные алгоритмы.

Результаты показали, что в газовой турбине камера сгорания имеет большие потери эксергии по сравнению с другими компонентами. Была разработана комплексная термодинамическая модель эксергетического анализа для комбинированного цикла охлаждения Ренкина и абсорбции. В газотурбинной электростанции с комбинированным

циклом был проведен анализ эксергии и чувствительности. Был сделан вывод о том, что камера сгорания имеет значительные эксергетические разрушения. Гогой и Талукдар представили эксергетический анализ комбинированного энергетического цикла на основе регенеративной паровой турбины с повторным нагревом и системы охлаждения с абсорбцией водяного пара. Они наблюдали влияние температуры компонента системы охлаждения с поглощением пара, давления в котле, расхода топлива и охлаждающей способности на производительность, неисправность компонента и общую неисправность системы [1]. Бхаттачарья и исследовал влияние соотношений давления и температуры газотурбинной системы и количества топлива, сжигаемого в дополнительной топочной камере, на тепловую и энергетическую эффективность комбинированного цикла комплексной газификации биомассы. Чен создал комбинированную модель охлаждения, отопления и электростанции, которая включает в себя необратимый замкнутый цикл Брайтона и необратимый абсорбционный холодильный цикл с четырьмя тепловыми резервуарами. Термодинамика конечного времени использовалась для оптимизации эксергетической эффективности установки. В энергоблоке комбинированного цикла, работающем на природном газе, анализ эксергии выполняется на установке. Кроме того, был проведен эксергетический анализ для электростанций, работающих на природном газе, с улавливанием CO_2 . В ряде исследований исследователи сосредоточили свои исследования на электростанциях с комбинированным циклом, использующих энергетический, эксергетический и эксергоэкономический анализ. Анализ энергии и эксергии на электростанциях с комбинированным циклом и циклом Ренкина показал, что наибольшие потери эксергии происходят в котле из-за образования энтропии в устройстве и процесса неполного сгорания в печи. Джихан пришел к выводу, что газовые турбины, камеры сгорания и парогенераторы с рекуперацией тепла были основными источниками необратимых последствий при анализе энергии и эксергии [6]. Также было обнаружено, что на основе эксергетического анализа использование солнечной энергии для нагрева питательной воды и выработки пара низкого давления является более эффективным.

В этой статье объясняется, как 4-Е анализ тепловых электростанций был проанализирован различными исследователями. На угольных электростанциях был проведен значительный объем работ по термодинамическому анализу цикла Ренкина. Максимальные потери энергии происходят в конденсаторе и в котле. Основное разрушение

эксергии было обнаружено в котле. В случае газовой электростанции было обнаружено, что камера сгорания является наиболее неэффективным устройством и является основным разрушителем эксергии. В электростанции с комбинированным циклом наибольшее разрушение эксергии вызывается камерой сгорания с использованием как обычных, так и усовершенствованных эксергетических анализов. До сих пор не уделялось особого внимания энергетическому и эксергетическому анализу сверхкритических и продвинутых сверхкритических циклов. Это происходит из-за того, что используемый материал не может выдерживать очень высокие давления и температуры на заводе. На данном этапе уместно напомнить, что эффективность электростанции может быть повышена за счет ее эксплуатации в сверхкритических условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буланин В.А. Метод анализа энергетического потенциала источника тепловой энергии для теплоснабжения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 74-83.
2. Тихомирова Т.И., Кретов М.А. Теплоэнергетика и окружающая среда // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды международная научно-техническая конференция. Белгород, Изд-во БГТУ, 2015. С. 256-260
3. Гужов С.В., Гашо Е.Г., Шепель В.А. Составление прогнозного топливно-энергетического баланса котельной в условиях недостаточности данных // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 33-39.
4. Abusoglu A., Kanoglu M. Exergoeconomic analysis and optimization of combined heat and power production: a review // Renewable Sustainable Energy Rev. 2009. No 13. P. 2295-2308.
5. Трубаев П.А., Беседин П.В. Критерии термодинамической эффективности получения цементного клинкера из природного сырья // Теоретические основы химической технологии. 2005. Т. 39. № 6. С. 666-672.
6. Adibhatla S., Kaushik S.C. Energy and exergy analysis of a super critical thermal power plant at various load conditions under constant and pure sliding pressure operation // Appl. Therm. Eng. 2014. Vol 73, No 1. P. 49–63.

7. Datta A., Ganguly R., Sarkar L. Energy and exergy analyses of an externally fired gas turbine (EFGT) cycle integrated with biomass gasifier for distributed power generation // Energy. 2010. Vol. 35. No 1. P. 341–350

8. Erofeev V., Korotaev S., Bulgakov A., Tretiakov T., Rodin A. Getting Fired Material with Vitreous Binder Using Frame Technology // Procedia Engineering. 2016. Vol. 164. Pp. 166-171.

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

УДК 620.9

Хуссеин Х.Х.

*Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ.-мат. наук, проф.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ЕГИПТА

В данной работе, основанной на анализе источников литературы, предпринимается попытка рассмотрения становления и текущего развития солнечной энергетики Египта, с целью представления научному сообществу современных проектов и инициатив данного сектора ВИЭ государства.

Общеизвестно, что большинство арабских стран имеют высокую интенсивность солнечной радиации. В этом контексте Египет не стал исключением: ежегодно в стране наблюдается около 3 тыс. часов солнечного сияния с общей интенсивностью излучения до трех тысяч киловатт-часов на квадратный метр территории государства. Высокий солнечный потенциал Египта подтверждает и Международное агентство по ВИЭ, которое в 2017 году выпустило специальный солнечный атлас, согласно которому практически вся территория страны является подходящей для развития солнечной энергетики, причем как в направлении производства электроэнергии, так и теплового отопления.

Еще с 1980 года фотоэлектрические системы применялись в Египте для различных производственно-промышленных, сельскохозяйственных и энергетических нужд экономики страны. Так, солнечные панели широко использовались в системах городского освещения дорог, рекламной инфраструктуры, опреснения полей, насосного хозяйства, морозильного хранения. Другими словами, еще с

прошлого века фотоэлектрические технологии решали в Египте энергетические задачи как коммерческого, так государственного сектора [1].

Однако активное развитие солнечной фотовольтаики в стране началось лишь после того, как Министерство электричества и энергетики Египта ввело в 2014 году льготные тарифы на реализацию объектов, связанных с высокомоощностными фотоэлектрическими системами. Тогда стоимость фотоэлектрических модулей резко снизилась, но параллельно с этим в государстве наблюдался дефицит электроэнергии, что в совокупности привело к дополнительным усилиям и мерам со стороны органов власти Египта по развитию солнечноэнергетического сектора ВИЭ, и в стране началась массовая установка солнечных панелей на крышах общественных зданий, а также в инфраструктуре уличного освещения. Благодаря государственным инициативам за короткие сроки Египту удалось добиться подключения фотоэлектрических систем к распределительной сети и получить сначала дополнительные 3 МВт мощностей, а уже годом позже – 10 МВт [2].

В отрасли солнечной энергетики Египта следует отметить активный рост централизованных солнечных фотоэлектрических установок, подключенных к общей сети, одновременно поставщики электроэнергии стремятся повысить уровень напряжения различными мероприятиями до номинальных значений [4, 5], тем самым обеспечить качество электроэнергии в распределительных сетях [6]. В 2019 году Управление по ВИЭ завершило технико-экономические расчеты строительства крупной фотоэлектрической станции мощностью 26 МВт в Ком-Омбо, финансируемой французским правительством. Это означает, что ФЭС, как и обещалось, успеют ввести в эксплуатацию ровно в срок, то есть в 2022 году. Ожидается, что станция будет генерировать около 43 гигаваатт-часов электроэнергии ежегодно, что позволит Египту сократить сорок тысяч тонн вредных выбросов CO_2 в атмосферу [1, 3].

Важно рассмотреть и сектор упомянутых распределенных СЭС. Уже в 2015 году Египтом в сотрудничестве с ОАЭ было реализовано несколько крупных проектов в области установки фотоэлектрических автономных объектов суммарной мощностью свыше тридцати мегаватт для электрификации отдаленных деревень. В том же году около 7 тысяч таких фотоэлектрических систем общей мощностью 2 МВт были установлены для обеспечения соответствующего уличного освещения [2, 4].

В Египте также стремительно развивается отрасль концентрированной солнечной энергетики. Мощность первой построенной в стране (благодаря финансированию Глобального экологического фонда) электростанции интегрированного солнечного комбинированного цикла составляет целых 140 МВт, а площадь размещенных на ней 54 тыс. зеркал солнечных коллекторов превышает 640 тыс. м². Ежегодно станция генерирует около 165 гигаватт-часов электроэнергии, сокращает потребление традиционных видов топлива на 10 тысяч тонн, а эмиссию CO₂ – на 20 тысяч тонн [1, 5].

Весьма перспективным направлением солнечной энергетики Египта считается солнечное водонагревание (СВН). Этот сектор развивается в стране с конца прошлого века, благодаря энергетической эффективности СВН сначала в промышленности, а затем и в отрасли жилищного хозяйства. В 2013 году правительственные организации Египта в сотрудничестве со странами ЕС начали внедрять СВН в системы городской инфраструктуры. Сегодня в Египте зарегистрированы 23 компании, занимающиеся производством соответствующих солнечно-тепловых технологий, охватывающих порядка 800 тыс. м² территорий страны.

В настоящее время, благодаря актуальным демонстрационным проектам, Египет продолжает доказывать миру свой потенциал в промышленном применении СВН. Так, в конце 2021 года Министерством торговли государства запущен проект для МСП стоимостью 6 млн долларов США, подразумевающий продвижение низкоуглеродных солнечных технологий, направленных на развитие отопительных и охлаждающих секторов промышленности страны [1, 2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Guney T. Solar energy, governance and CO₂ emissions // Renewable Energy. 2022. Т. 184. № 1. С. 791–798.
2. Рахматуллин С.С. Мировой рынок возобновляемой энергетики после коронавирусного кризиса // Тинчуринские чтения – 2021. С. 464–470.
3. Бирюлин В.И. Повышение эффективности работы солнечной электростанции // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12. № 3(47). С. 28–39.
4. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference,

RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

5. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

6. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИрГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

УДК 621.31

Черкашин Н.А.

Научный руководитель: Погорелов А.В., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

В тройку лучших промышленных предприятий по добыче и производству железорудного сырья входит Стойленский горно-обогатительный комбинат, ведущий свои работы на одном из самых крупных месторождений – Курской магнитной аномалии. Разработка ведется открытым способом в карьере, откуда богатую руду отправляет прямиком потребителям, а кварциты перемалывают и отгружают на обогатительную фабрику.

С недавних пор установка частотно-регулируемого электропривода на промышленных предприятиях стала обычным явлением, т.к. позволяет повысить управляемость и снизить энергозатраты [1, 3]. Такой электропривод установлен в помещении станции управления АО «Стойленский ГОК», входящий в систему вентиляции. Установлено два мощных электропривода по системе ППЧ – АД (преобразователь частоты – асинхронный двигатель) со звеном постоянного тока, обеспечивающие приток и отток воздуха в помещении станции управления, которые вызывают нелинейность.

Негативные явления вызваны нелинейностью, которая возникает вследствие появления высших гармоник [2, 4]. Для оценки и анализа степени нелинейности применяется метод построения

имитационной модели. Имитационная модель сети электроснабжения вентиляционной системы разработана в системе визуального блочного моделирования динамических систем Simulink, являющейся подсистемой Matlab и представлена на (рисунке 1).

В модель входят такие элементы как: источник синусоидального напряжения (Three-Phase Source), блок понижающего трансформатора (Three-Phase Transformer), два преобразователя частоты (Universal Bridge, Universal Bridge 1), два выпрямителя (Universal Bridge 2, Universal Bridge 3), два асинхронных электродвигателя (ADC Machine), блок осциллограмм (Scope), управляющая система (Control system), определяющая необходимое воздействие в соответствии с тахограммой движения выполнено при помощи блока Group 1.

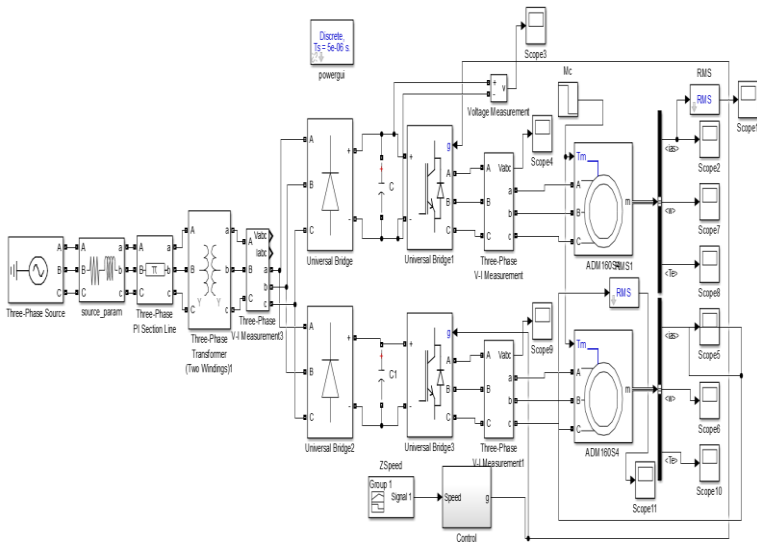


Рис. 1 Имитационная модель вентиляционной установки в MatLab Simulink

После проведения моделирования были получены осциллограммы с блока Scope. На осциллограммах тока (рисунок 2) и напряжения (рисунок 3) заметны искажения в сети. Также были получены гистограммы коэффициентов, гармонических составляющих тока (рисунок 4) и напряжения (рисунок 5). Как видно из осциллограмм и гистограмм, что суммарные коэффициенты гармонических составляющих в установившемся режиме по току равны 29,89% и по напряжению 22,31%.

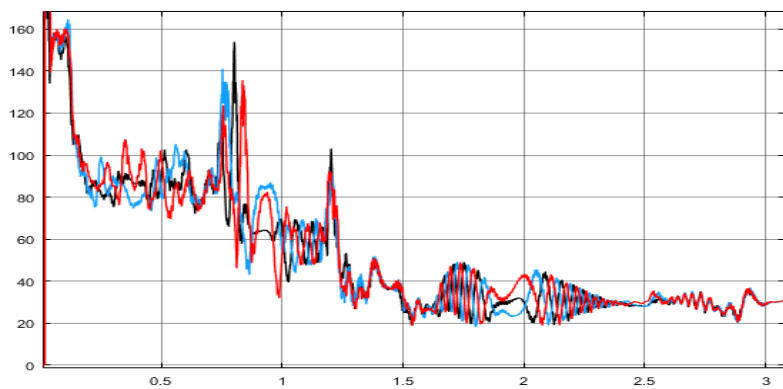


Рис. 2 Осциллограмма тока в сети

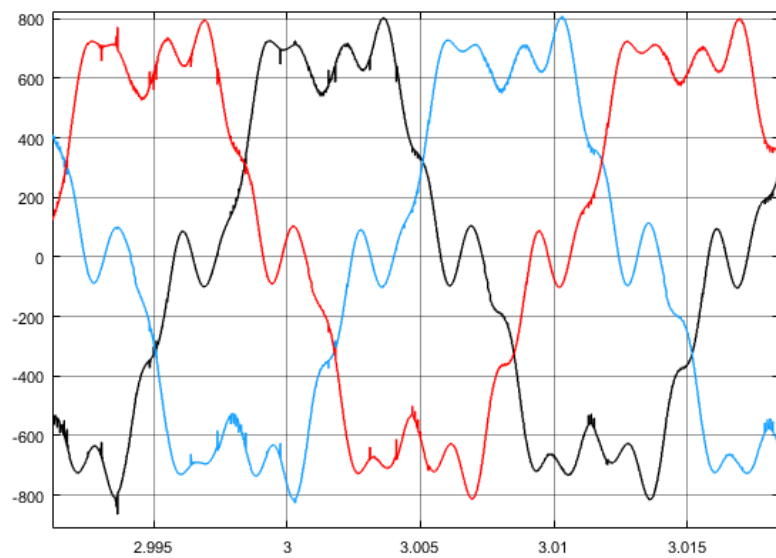


Рис. 3 Осциллограмма напряжения сети

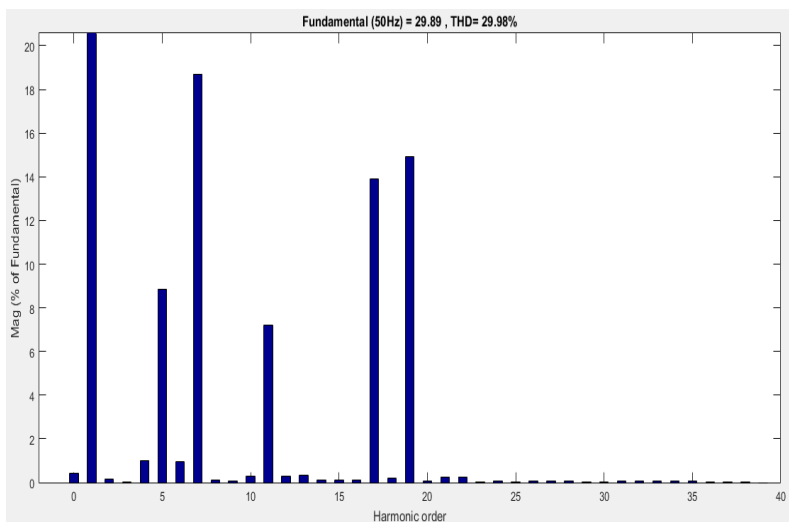


Рис. 4 Спектры гармоник тока

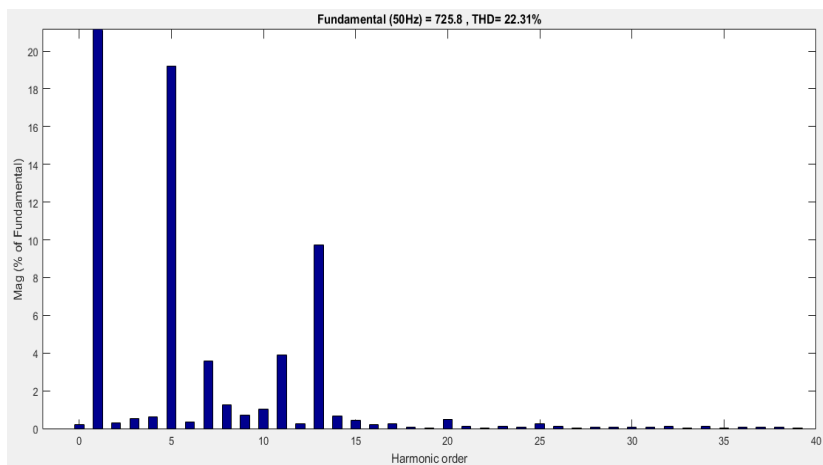


Рис. 5 Спектры гармоник напряжения

Таким образом, можно сделать вывод, что использование имитационного моделирования в программном комплексе MatLab Simulink позволяет исследовать и анализировать искажения и несинусоидальность в сети электроснабжения вентиляционной установки АО «Стойленский ГОК», а также регулировать систему

управления тех процессов, с которыми реальные эксперименты будут опасны либо с экономической точки зрения нецелесообразны

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лимаров Д.С. Электромагнитная совместимость в цеховых системах электроснабжения при наличии электроприемников с Нелинейными вольтамперными характеристиками: дисс. канд. техн. наук. // Белгород. 2015. С. 4-5.

2. Куско А., Томпсон М. Качество энергии в электрических сетях. М.: ДодэкаXXI, 2008. 336 с.

3. Авербух М.А., Кузнецов В.А., Коржов Д.Н., Коробкин А.А., Лимаров Д.С. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Транспорт и энергетика. 2013. №5 (36). С. 203-208.

4. Широков О.Г., Алферова Т.В., Шведова О.С., Скулимовский А.А. Оценка уровня высших гармоник напряжения в электрической сети при работе частотного привода altivar 61 // Агротехника и энергообеспечение, 2018. №2 (19). С. 41-52.

УДК 620.9

Четвериков Д.С.

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

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ КОТЕЛЬНОЙ

Появление микропроцессорных регулирующих устройств и рост вычислительных ресурсов персональных компьютеров обусловили значительный прогресс в энергетическом менеджменте. Это наиболее ярко выражается в системах управления режимами энергопотребления, в том числе с помощью автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), в основу которых положена цифровая обработка информации.

Автоматизация – это комплекс технологических, организационных и других мероприятий, позволяющих вести процесс без

непосредственного участия в них человека с целью снижения себестоимости и улучшения качества продукции, повышения надёжности действия оборудования, устранения вредных для человека условий работы и повышения её безопасности, а также осуществление таких процессов, управление которыми человеку недоступно. В современных условиях, учитывая рост потребности населения и промышленных предприятий в теплоносителе, использование правильно подобранных АСУТП котельных становится просто необходимым. Нагрузки на современные котельные повышают опасность для здоровья и жизни рабочего персонала котельной. Поэтому последние годы во всём мире идёт работа по сокращению доли физического труда человека в работе котельной.

Автоматизация котельных — это применение комплекса средств, используемых при организации технологических процессов и автономной работы компонентов различных систем, в частности, котельных, производства тепла и передачи тепловой энергии без участия оператора/персонала.

Процессы, протекающие в теплоэнергетических установках, непрерывны, и выработанная тепловая энергия должна соответствовать количеству потребляемой энергии [1]; почти все процессы в котельных установках механизированы, и автоматика в современных условия работы становится необходимым элементом работы котельной.

Работа котельной оптимизируется в зависимости от меняющихся условий работы: соотносятся между собой температура воздуха на улице и внутри отапливаемого помещения [2], освещение изменяется в зависимости от времени суток и показаний датчиков.

Кроме того, автоматизация системы управления технологическими процессами для котельной значительно изменяет в лучшую сторону уровень безопасности работы отопительной системы: полный и регулярный контроль параметров системы снижает возможность возникновения аварийных ситуаций [3].

Большая часть АСУТП котельных оснащаются элементами, которые сигнализируют об ухудшении состояния определенного узла и необходимости сервисного обслуживания.

Автоматизация производственных технологических процессов позволяет уменьшить численность персонала и повысить долговечность работы котельной, и достигается европейский уровень техники безопасности, а благодаря автоматике для печей и котлов отопления, можно достичь существенной экономии топлива [4].

Полномасштабная АСУТП котлоагрегата предназначена для контроля и управления котлоагрегатом во всех режимах работы, полной

автоматизации процессов горения, повышения эффективности и безопасности работы котлоагрегата, экономии расхода газа и др. [5].

За счёт комплексного контроля состояния с помощью АСУТП можно повысить надёжность работы оборудования котельной. За счёт оптимизации работы котлов и применения частотно-регулируемых приводов можно достичь снижения затрат на топливо [6]. АСУТП позволяет вовремя отреагировать на поломки оборудования, что позволяет повысить срок эксплуатации оборудования и снизить затраты на ремонт. Автоматизированное оборудование позволяет повысить точность, достоверность и оперативность получения информации о состоянии котлового оборудования.

Окупаемость АСУТП зависит от многих факторов:

- применение современных микропроцессорных устройств при минимизации количества реле, ключей переключателей;
- повышение статической и динамической точности регулирования параметров котла за счёт новых алгоритмов цифрового регулирования;
- полная автоматизация процессов работы, контроля, диагностики оборудования котельной и др.

При оптимальном соотношении цена/качество автоматизация может обеспечить:

- экономию топлива;
- экономию энергоресурсов;
- сокращение вредных выбросов в атмосферу;
- высокую надёжность работы оборудования;
- исключение аварийных ситуаций за счёт субъективных факторов;
- регистрацию и учёт топлива и теплоносителя;
- сокращение эксплуатационных расходов и соответствие высокому уровню эксплуатационным требованиям.

Среди функций автоматизированных систем управления можно выделить следующие:

Информационные:

- сбор и первичная обработка информации;
- архивирование технологических параметров;
- предоставление информации оператору;
- технологическая сигнализация;
- архив тревог;
- документирование, расчёт технико-экономических показателей и валовых выбросов в атмосферу.

Управляющие функции:

- дистанционное регулирование механизмами арматуры, вентиляторов, насосов;
- регулирование, технологические защиты и блокировки;
- программно-логическое управление пуска и остановки технологического оборудования.

Метрологический контроль:

- управление котлом;
- управление горелками;
- управление вспомогательными системами.

Система АСУТП выполнена в виде двухуровневой системы управления: первый (нижний) уровень, второй (верхний) уровень. Первый уровень управления обеспечивает выполнение непосредственно информационных, управляющих, регулирующих функций, функций управления котла, горелками, системами. Второй (нижний) уровень принимает информацию от нижнего уровня, отображение её на мониторах операторов, передача команд операторов на нижний уровень.

Путем обследования были исключены варианты утечек и протекания воды, капиллярного подсоса и замокания фундаментов. При таких условиях возможные причины данных явлений принято искать в недостаточной вентиляции, повышенной влажности в помещении, температуре поверхности ниже точки росы. Нижний уровень образуют следующие устройства: датчики технологических параметров (температуры наружного воздуха, воды прямой сети; давления, расхода и температуры газов; расхода, давления и температуры воды на различных этапах цикла работы котельной; содержание различных веществ в уходящих газах), исполнительные механизмы (регулирования заслонки газа перед котлом, отсечные клапаны блоков газооборудования, дроссельные заслонки по газу, шиберы воздуха растопочных горелок, шиберы воздуха рабочих горелок), запорная аппаратура (задвижки на опуске газа, по воде перед котлом, по воде после котла), шкафы для управления вентиляторами, дымососами, блоками оборудования, задвижками, котлом

Верхний уровень управления образуют следующие устройства: коммутатор сети, персональные компьютеры, сервер, принтер. Компьютеры, сервер, принтер подсоединены к коммутатору сети. К этому же коммутатору подсоединены кабелем (витая пара) контроллер, установленный в шкафу управления котлом. Контроллер и компьютеры образуют сеть, связующим устройством которой является коммутатор. Компьютер является рабочим местом оператора. На экран монитора

выводятся технологические показатели работы котла и все необходимые инструменты управления.

Архивы состоят из следующих разделов:

- аварийный архив;
- архив технологических параметров;
- архив состояния оборудования, архив действий (команд) операторов;
- архив заданий;
- архив расчётных величин.

Ведение архивов позволяет формировать отчёты. Поскольку основные преимущества применения АСУТП в котельных – это способность адаптироваться к изменению работы котельной, оборудования и климатических условий, а также то, что дополнительные режимы управления обеспечивают более точное управление по сравнению с пневматическими системами, возникает полная управляемость процессами в котельной, т.е. возможность руководить всем оборудованием с одного или нескольких рабочих мест. Компьютеры (операторские станции) программируются одинаково и имеют равный доступ к любому котлу. Это значит, что с любой операторской станции можно управлять любым котлом, т.е. все операторские станции взаимно резервируют друг друга

В современных АСУТП интерфейс оператора позволяет видеть структуру объекта управления с информацией о текущих значениях параметров в реальном времени, изучать тренды значений параметров за большие промежутки времени, планировать и "моделировать" будущие изменения в системе.

АСУТП котельной может выполнять такие базовые функции:

- a. управлять спросом или потребностью в энергии для любого заданного промежутка времени;
- b. управлять длительностью потребления энергии устройством;
- c. формировать сигналы тревоги в случае отказа оборудования;
- d. осуществлять мониторинг производительности объекта управления;
- e. помогать оператору в администрировании обслуживанием оборудования;
- f. обеспечивать пользователя набором "неэнергетических" задач.

Разработка и функционирование автоматизированных систем управления технологическими процессами в котельных позволяет повысить точность, достоверность и оперативность получения информации о состоянии котлового оборудования, что в конечном

итоге дает возможность вовремя отреагировать на поломки оборудования и снизить затраты на ремонт.

Финансовая привлекательность, к сожалению, очевидна только для первых двух функций. Поэтому усилия инженеров-энергоменеджеров должны быть направлены на создание более точных и в то же время простых и надежных моделей для оценки энергосберегающего эффекта от внедрения АСУТП в котельные и выявления их преимуществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

2. Гагарин В.Г., Зубарев К.П. Применение теории потенциала влажности к моделированию нестационарного влажностного режима ограждений // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14, Вып. 4. С. 484-495.

3. Буланин В.А. Метод анализа энергетического потенциала источника тепловой энергии для теплоснабжения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 74-83.

4. Ткаченко А.Е., Гавриленко Б.В., Неежмаков С.В. Методика повышения эффективности работы группы котлоагрегатов низкотемпературного кипящего слоя // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 100-106.

5. Еременко В.Т., Шпичак С.А. Автоматизация управления доступом к ресурсам АСУ ТП предприятий строительной индустрии и ЖКХ // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 141-146.

6. Трубаев П.А. Методы автоматизации управления энергоэффективной работой насосов и насосных установок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 140-147.

Четвериков Д.С.

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

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

В настоящее время на территории Российской Федерации важная роль отводится разработке и внедрению технологий, направленных на энергосбережение и увеличение энергетической эффективности [1]. Эффективность тепловой защиты связаны с энергоэффективностью – значение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания за отопительный период. Реализовать концепцию энергоэффективности здания на практике помогает комплекс объемно-планировочных решений, строительных материалов и технологий. В настоящее время приоритетными задачами строительной науки и практики стали задачи энергетической эффективности проектируемых и уже существующих архитектурных объектов в силу очевидного довлеющего значения финансовых и общеэкономических факторов и в соответствии с Федеральным законом «Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Энергоэффективность – это понятие, которое можно поставить в один ряд с инновациями и нанотехнологиями. Для страны, большая часть территорий которой находится не в зоне климатического контроля, вопросы повышения энергоэффективности играют не только большую экономическую роль, но и важную социальную. В настоящее время энергосбережение является одной из важнейших задач государства. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, растущей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами.

Меры по повышению энергоэффективности определили относительно узкую – энергетическую направленность предпринимаемых действий [2]. Это привело к некоторой автономности рассмотрения общеэкологических и энергетических аспектов строительной деятельности, выделению нескольких направлений в рамках альтернативного строительства, а в конечном счете – фрагментарности решения стоящих перед ним задач. С другой стороны, практика альтернативного строительства выражается сегодня объектами, преимущественно, небольшого масштаба [3], что

обусловлено все еще экспериментальным характером данной деятельности и, следовательно, сопряженным с ней экономическим риском, а также отсутствием необходимых средств для реализации крупных 5 градостроительных проектов, даже в экономически благополучных странах. Из этого следует, проблематика, составляющая предмет исследований большинства научных организаций, производственных предприятий, а также печатных изданий, специализирующихся на вопросах строительства, говорит о том, что в целом развитие архитектурностроительного процесса определяет сегодня энергоэффективное строительство [4].

Если мы приступим к рассмотрению вопроса повышения теплоэффективности зданий, то в первую очередь необходимо рассмотреть проблемы инфильтрации. При обнаружении инфильтрации влаги или воздуха в помещение целесообразно оперативно выполнять герметизацию швов и стыков. Герметизация повышает теплоэффективность здания снижением потери теплоты через стыки и швы, а также снижает деформации под воздействием температур. Швы и стыки, заполненные герметиками, препятствуют переувлажнению прилегающих к ним участков наружных стен и исключают возможность продувания и проникания атмосферной влаги на внутренние поверхности ограждений.

Ощутимые изменения температуры наружных конструкций и ее перепадов по всей толщине способны вызывать соответствующие изменения. Тема деформаций и перемещений конструкций в стыках под воздействием переменных температур, одна из сложнейших в строительстве. Температурные деформации – тепловое расширение или сжатие изолируемой поверхности и элементов конструкции под воздействием изменения температурных условий при монтаже и эксплуатации изолируемого объекта. Температурные деформации являются одной из главных причин падения теплоэффективности [5].

Временные изменения эластических герметизирующих материалов сопровождается возрастанием жесткости, т.е. модуля упругости, что ведет к увеличению внутренних напряжений, а, следовательно, к деструкции (разрушению). При обнаружении инфильтрации влаги или воздуха в помещение целесообразно в кратчайшие сроки выполнить ремонтную герметизацию снаружи, обязательно счистив старый герметик, иначе утеплитель подвергнется интенсивному разрушению под воздействием попеременного замораживания и оттаивания, а самоуплотнение шва превратится в «мостик холода».

Основной причиной преждевременной разгерметизации являются характерные ошибки проектирования и выполнения. При ремонте таких стыков приходится превращать их в традиционные - закрытые. Нельзя сочетать жесткие уплотнения с пласто-эластическими герметиками. При росте температуры окружающей среды и неизбежном удлинении цементно-песчаный раствор уплотнения разрушается, вклиниваясь в мастики и нарушая их целостность, а, следовательно, вызывая разгерметизацию. В данном докладе рассматривается повышение долговечности герметизации швов и стыков с помощью жидкого керамического теплоизоляционного материала RE-THERM. Необходимую долговечность наружных стен следует обеспечивать использованием материалов, имеющих необходимую прочность, морозостойкость и влагостойкость, а также соответствующими конструктивными решениями, предусматривающими, в случае необходимости, специальную защиту элементов конструкций, выполняемых из недостаточно стойких материалов [6]. Срок службы отдельных элементов должен быть не ниже срока службы всей конструкции.

С целью долговечности герметизации швов и стыков необходим анализ трещиностойкости керамического теплоизоляционного материала. Технические характеристики RETHERM цвет – белый, эластичность пленки при изгибе – 1,5 мм, адгезия покрытия – 2 балл. Для анализа и оценки трещиностойкости керамической теплоизоляции RE-THERM взята методика твердости и трещиностойкости декоративно – керамических покрытий. Пользуясь методикой, были проанализированы инновационные методы определения трещиностойкости керамической теплоизоляции RETHERM. Важной причиной образования трещин было обнаружено возникновение деформаций растяжения, превышающих максимальную растяжимость материала. Под воздействием знакопеременной температуры в покрытии деформированного состояния, которые можно охарактеризовать чередованием сжимающих и растягивающих напряжений. И в придачу к этому на появление трещин ещё влияет воздействие солнечного света.

Лабораторными исследованиями производителя теплоизоляции RE-THERM получено, что максимальны значения внутренних напряжений отмечались в промежутке времени 5-7 часов после нанесения составов на поверхность с последующей релаксацией внутренних напряжений, которые стабилизировались к 22-24 часам. Наиболее максимальный рост усадочных деформаций керамических

покрытий происходит в течение 6 суток твердения, после чего наблюдается заметная стабилизация [7].

Также были проведены исследования теплоэффективности вакуумного керамического теплоизоляционного материала RE-THERM. Были сделаны натурные испытания и числовые методы исследования. При применении теплоизоляционного материала RE-THERM1 в конструктивных решениях стеновых конструкций снижение теплопотерь достигает 33% и более только за счет устранения мостиков холода, что наглядно показывает программа Elcut и тепловизионные измерения. Анализ полученных результатов говорит о том, что предлагаемые конструктивные решения позволяют обеспечить условия комфортного проживания в гражданских зданиях [8]. Рациональный выбор вида теплоизоляционного материала и способа его применения не только уменьшает теплопотери и увеличивает тепловой комфорт помещения, но и повышает срок службы ограждающей конструкции. Данные исследования войдут в основу рекомендаций для проектировщиков и строителей по использованию вакуумного керамического теплоизоляционного материала RE-THERM1.

В последнее время в целях уменьшения затрат многие строительные компании прибегают к использованию ограждающих конструкций, производимых из материалов, которые имеют низкую теплоаккумулирующую способность, влияющую на энергетическую эффективность помещений. К сожалению, на данный момент большая часть энергоресурсов, которые направлены на создание микроклимата и теплового баланса, расходуется нерационально. В рамках данной статьи предложены наиболее эффективные методы решения данной проблемы. В связи с этим для увеличения стойкости теплоизоляционного покрытия следует обеспечить трещиностойкость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуцин С.В., Семенов А.С., Шень Ч. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 31-43

2. Буланин В.А. Метод анализа энергетического потенциала источника тепловой энергии для теплоснабжения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 74-83.

3. Тарасюк П.Н., Трубаев П.А., Сухорослова В.В. Повышение энергоэффективности в индивидуальном жилищном строительстве в

условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 410-415.

4. Гашо Е.Г., Булгаков Н.С., Шкуро Ю.Д. Оценка энергетических эффектов модернизации зданий и микрорайнов в процессе реновации // Энергетические системы. 2019. № 1. С. 196-199.

5. Перехоженцев А.Г., Груздо И.Ю. Влияние климатических воздействий на температурно влажностное состояние поверхностных слоев многослойных наружных ограждающих конструкций зданий // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 4-2(46). С. 143-149.

6. Найман Мих.О., Найман С.М., Найман М.О. Возможности энергосбережения в жилищном хозяйстве // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 332-336.

7. 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. 76.

8. Анисимов М.В, Рекунов В.С. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности сверхтонких жидких композиционных теплоизолирующих покрытий // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326, №. С. 15-20.

УДК 621.311

Четвериков Д.С.

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

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НАЗЕМНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ СИСТЕМ ВООРУЖЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА БАЗЕ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

На территории России, даже в районах с развитой электроэнергетической системой, имеется значительное количество мелких изолированных потребителей, энергоснабжение которых осуществляется от автономных энергоисточников. На данных объектах военной инфраструктуры, как правило, в качестве энергоносителя

используются фракции нефтепродуктов или каменный уголь. В то же время в России существуют огромные запасы природного газа, применение которого позволит сократить эксплуатационные расходы на энергоснабжение удаленных от централизованных систем военных городков, погран застав и т. д. Ключевые слова: сжиженный природный газ, энергоснабжение, теплоэнергия, электроэнергия, газификация

Сжиженный природный газ (СПГ) имеет преимущества перед практически всеми видами сжигаемых твердых и жидких топлив, которые могут использоваться в промышленном производстве, энергетике и транспорте, удаленных от магистральных газопроводов. Для этих категорий потребителей сжиженный природный газ является практически единственным способом газификации [1].

Отличительными особенностями газификации с использованием сжиженного природного газа являются: – маневренность – отсутствие жесткой привязки к трубопроводам, возможность передислокации при изменении ситуации; – гибкость – возможность регулирования уровня производства, быстрота пуска и остановки ожижителей, возможность быстрого сооружения установок по хранению и газификации, а также их расширение по мере увеличения потребления газа; – экономичность – более низкие инвестиции по сравнению с магистральным газом.

Такие особенности газификации с использованием СПГ полностью соответствуют требованиям, предъявленным к энергоснабжению объектов Министерства обороны и военной техники.

СПГ представляет собой криогенную жидкость, являющуюся смесью углеводородов ряда C1–C10 и азота с преобладающей долей метана (0,85–0,99). Он получается из природного газа методом охлаждения его до криогенных температур: $-160\dots-130^{\circ}\text{C}$. Температура кипения при атмосферном давлении: $-162\dots-160^{\circ}\text{C}$. При переводе СПГ в газообразное состояние (газификации) его свойства соответствуют свойствам природного газа по ГОСТ 5542-87. Плотность СПГ зависит от давления и компонентного состава и может находиться в диапазоне от 370 до 430 кг/м³ среднее значение плотности составляет 390 кг/м³. При газификации с давлением, близком к атмосферному, из одного объема СПГ образуется около шестисот объемов природного газа. Пожаро-взрывоопасная концентрация газифицированного СПГ в воздухе при 00 С и 0,1013 МПа составляет от 5 до 15 объемных процентов (по метану). Сжиженный природный газ загорается при температуре на 260°C выше, чем бензин. А в случае утечки газа – уже при температуре выше 107°C СПГ становится легче воздуха и быстро рассеивается, не достигая опасной концентрации [5].

Подготовка СПГ. Как уже говорилось выше, СПГ получают путем сжатия и охлаждения природного газа. При этом газ уменьшается в объеме почти в 600 раз. Процесс этот сложный, многоступенчатый, на каждом этапе газ сжимается в 5–12 раз, затем охлаждается и передается на следующую ступень. Собственно, сжижение происходит при охлаждении после последней стадии сжатия. Процесс сжижения очень энергозатратный – расходы на сжижение могут составлять около 25 % энергии, содержащейся в конечном продукте.

Как правило, завод по сжижению природного газа состоит из следующего оборудования:

- установки предварительной очистки и сжижения газа; – технологических линий производства СПГ;
- резервуаров для хранения;
- оборудования для загрузки на танкеры;
- дополнительных служб для обеспечения завода электроэнергией и водой для охлаждения.

Транспортировка СПГ. Транспортировка сжиженного природного газа (СПГ) может осуществляться автомобильным, железнодорожным и водным транспортом. Наземным и железнодорожным транспортом сжиженный метан перевозят, как правило, в специальных емкостях, по сути, являющихся термосами различной конструкции, обеспечивающими достаточно продолжительное время бездренажного хранения (boil-off time).

Перевозки СПГ автомобильным транспортом регламентируются правилами дорожной транспортировки опасных грузов, а также правилами перевозки опасных грузов автомобильным транспортом, утвержденными Приказом Минтранса РФ от 08.08.1995 № 73. При автомобильных перевозках СПГ используются транспортные емкости: криогенные цистерны, танк-контейнеры для сжиженного природного газа. Криогенные цистерны имеют вакуумно-многослойную изоляцию и могут эксплуатироваться при температурах окружающей среды от -50° С до 50° С [4]. В основном в России используются автоцистерны объемом 50 м³, вмещающие до 20 т СПГ. СПГ перевозится под небольшим избыточным давлением при температуре -161° С. При автомобильных перевозках СПГ особое внимание уделяется обеспечению взрывобезопасности и системе контроля при операциях слива/налива газа и транспортировки. Метан взрывоопасен при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 %. На цистерне установлены два манометра для контроля давления газа во время перевозок

Железнодорожные перевозки жидкого кислорода, азота, аргона ведутся уже давно. По конструкции железнодорожные цистерны для

жидких газов почти такие же, как и автомобильные. Исследования и имеющийся опыт показали, что сокращение времени перевозки и транспортных затрат, простота погрузки и уменьшение затрат на погрузочно-разгрузочные работы, возможность складирования контейнеров в несколько ярусов в железнодорожных цистернах весьма выгодна.

Также стоит отметить, что для железнодорожных цистерн характерна надежная тепловая изоляция от окружающей среды. Это обусловлено тем, что температура окружающего воздуха на 200° С выше температуры перевозимой жидкости. Тепловая изоляция уменьшает потери от испарения. Кроме того, недопустимо по правилам техники безопасности бесконтрольное испарение газа во время перевозки. Хорошая изоляция является залогом экономически оптимальных условий транспортировки криогенных жидкостей.

Дальнейшая транспортировка СПГ может осуществляться при помощи специальных судов – газозовов, оборудованных криоцистернами. Танкер-газовоз, или метановоз представляет собой специально построенное судно для перевозки СПГ в резервуарах (танках). Кроме резервуаров газа такие суда оборудованы холодильными установками для охлаждения СПГ.

Кроме того, операции по наливу и разгрузке СПГ не занимают много времени (в среднем 12–18 ч). На случай аварии СПГ-танкеры имеют двухкорпусную структуру, специально предназначенную для недопущения утечек и разрывов. Груз (СПГ) перевозится при атмосферном давлении и температуре -162° С в специальных термоизолированных резервуарах внутри внутреннего корпуса судна-газовоза [4].

Хранение СПГ. В мировой практике используются различные виды резервуаров хранения СПГ. Различия определяются их объемом, а также геологическими и природоохранными факторами. Благодаря новейшим конструкторским разработкам в последнее время стало возможным строительство крупных надземных резервуаров объемом до 200 тыс. м³, а также развитие строительства подземных резервуаров. Для сосудов хранения используются резервуары сигарообразной или сферической либо сферообразной формы со сферическими днищами (рис. 6). Технология этих резервуаров схожа с технологией, применяемой при сооружении резервуаров для сжиженного нефтяного газа (СНГ) [2, 3].

Регазификация СПГ. После доставки природного газа в пункт назначения [6] происходит процесс его регазификации, то есть преобразования из жидкого состояния вновь в газообразное.

Превращение в газ происходит в системе испарения с помощью нагрева в теплообменниках, где СПГ подогревается горячим теплоносителем, который рассчитывается исходя из расхода СПГ.

На конечном этапе полученный газ сжигается в промышленных станциях, за счет чего вырабатывается электрическая и тепловая энергия для поставки ее конечному потребителю.

Включение СПГ в систему энергообеспечения военных городков позволяет решать проблему комплексно, с комбинированным производством электроэнергии, тепла и холода, с использованием газа для бытовых нужд, с резким повышением экономических и экологических показателей и с широким использованием для транспортировки энергии существующих в военных округах путей сообщения (автомобильных, железнодорожных, речных, морских и воздушных).

Также следует отметить, что сжиженный природный газ способен решить две важнейшие проблемы водородной энергетики: доставку водорода в наиболее эффективной форме – в химическом составе СПГ (CH₄) в любую точку мира и накопление его как сырья для производства водорода в условиях децентрализованной системы будущей водородной энергетики. Использование водорода в качестве основного энергоносителя приведет к созданию принципиально новой водородной экономики, станет научно-техническим прорывом, сравнимым по своим социально-экономическим последствиям с тем революционным воздействием на развитие цивилизации, которое оказали электричество, двигатель внутреннего сгорания, химия и нефтехимия, информатика и связь [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бармин И.В., Чечулин Ю.К., Купис И.Д. Сжиженный природный газ – альтернативный энергоноситель и доступное топливо // Холодильное дело. 1996. № 3. С. 114-117.

2. Бьядовский Д.А., Руденко А.Е., Волков Д.В. Применение метано-водородных технологий для энергообеспечения объектов военной инфраструктуры, удаленных от централизованных систем энергоснабжения // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник научных трудов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 60–71.

3. Буланин В.А. Метод анализа энергетического потенциала источника тепловой энергии для теплоснабжения // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 74-83.

4. Гуцин С.В., Семенов А.С., Шень Ч. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 31-43

5. Бьядовский Д.А., Волков Д.В., Руденко А.Е. Альтернативные пути доставки СПГ в условиях Севера по «зимникам» // Научные проблемы военно-системных исследований: сборник научных трудов НИИ ВСИ ВА МТО. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 241–249.

6. Медведева О.Н., Первалов С.Д. Логистико-математическая модель эффективности применения сжиженного природного газа // Энергетические системы. 2020. № 1. С. 28-33.

УДК 621.31

Шакиртов А.И.

Научный руководитель: Метелев И.С., асс.

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия*

СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С КПД 1500%

Фотоэлектрические установки (PV) по всему миру в последние годы достигли сетевого равенства. Ветер и солнечная энергия в настоящее время являются самыми дешевыми видами производства электроэнергии более чем в двух третях стран мира [1]. В то время как цифры и общий имидж фотоэлектрических систем выглядят хорошо, общественность все еще может воспринимать фотоэлектрические системы как низкоэффективные и дорогостоящие. Неправильные представления о высокой стоимости солнечной энергии могут быть частично объяснены быстрым развитием в области фотоэлектрических технологий, включая экспоненциальное снижение дисконтированных затрат.

Существует мнение, что основной вклад может внести непохожий метод отчетности сообщества фотоэлектрических систем об эффективности по сравнению с технологиями, использующими ископаемое топливо. В этой статье объясняется определение эффективности в контексте общественных коммуникаций. Традиционно сообщество фотоэлектрических систем сообщало об эффективности (КПД η) как:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}}, \quad (1)$$

где P_{max} - мгновенная максимальная мощность, вырабатываемая солнечной панелью, а P_{in} - это мощность, поступающая на панель. Хотя определение эффективности как доли мощности падающего излучения, преобразованной в электроэнергию, является общепринятым показателем для сравнения результатов исследований, этот показатель не следует сравнивать с эффективностью, о которой сообщают обычные электростанции, работающие на ископаемом топливе. Объявление нового рекорда эффективности преобразования энергии в 26,7% для кремниевых солнечных элементов [2] звучит впечатляюще для эксперта, но для неспециалистов эти значения недостаточны по сравнению с заявленной эффективностью угольных электростанций, которая колеблется от 35% до 42% [2], а эффективность парогазовых электростанций, которые в настоящее время превышают 60% [1].

Эффективность может быть определена несколькими различными способами. Чаще всего рассматривается кратковременная эффективность преобразования энергии, т.е. доля энергии, которая получается из максимальной энергии, доступной в топливе. С точки зрения физики — это наиболее интересный тип эффективности, поскольку он подчиняется законам термодинамики и ограничен ими. Более практичным с экономической и социальной точки зрения является КПД (η_τ) электростанции в течение всего срока службы:

$$\eta_\tau = \frac{E_{TP}}{E_{TC}} = \frac{T_{life} \text{ (год)}}{\text{срок окупаемости (лет)}} \quad (2)$$

где E_{TP} - общая энергия, вырабатываемая электростанцией за весь ее жизненный цикл, а E_{TC} - общая энергия, потребляемая за весь ее жизненный цикл, включая строительство, эксплуатацию и управление в конце срока службы. Здесь в E_{TC} включается энтальпия самого топлива, которое расходуется на производство энергии.

Анализ рентабельности инвестиций в энергетику обычно используется для сравнения эффективности технологий производства энергии друг с другом. Регулярно сообщаются значения рентабельности для электростанций на угле и природном газе большей 1 [3]. Это физически невозможно, поскольку ископаемое топливо не может производить больше энергии, чем содержится в нем самом. Уравнение 2 действительно учитывает это потребление энергии и, следовательно, также выбросы CO_2 .

В качестве альтернативы можно рассмотреть денежные показатели эффективности в течение всего срока службы; однако сложность входных параметров затрудняет, если не делает невозможным точное сравнение между различными технологиями. Из-за огромных субсидий, связанных с ископаемым топливом, географической зависимости нормативных актов и налоговых льгот, компенсирующих затраты на возобновляемые источники энергии, а также широкого спектра вариантов финансирования сложность их суммирования для одной электростанции делает непрacticный показатель.

Здесь утверждается, что более последовательное сравнение можно провести, используя η_t и параметры в уравнении (2). Полученные значения могут быть подтверждены путем сравнения с эффективностью CO_2 электростанции, которая основана исключительно на термодинамических принципах, имеющих отношение к рассматриваемым здесь технологиям производства энергии.

КПД η_t электростанции напрямую связан с ее эффективностью по выбросам CO_2 . Чем выше η_t , тем ниже выбросы CO_2 для производства определенного количества электроэнергии. Максимальная эквивалентная энергия, содержащаяся в окислении углерода, может быть получена из относительной энтальпии C (0 кДж/моль) и сравнения ее с относительной энтальпией CO_2 ($-393,8$ кДж/моль). Молярная масса CO_2 составляет $44,01$ г., что означает, что при реакции углерода с одним граммом CO_2 выделяется $0,0025$ кВт*ч энергии, или наоборот, $402,3$ г. CO_2 генерируется для получения 1 кВт*ч энергии, если процесс эффективен на 100% . Для природного газа необходимо учитывать относительную энтальпию сгорания метана (-890 кДж/моль): $177,9$ г. CO_2 генерируется для получения 1 кВт*ч энергии, если процесс эффективен на 100% . Таким образом, расчеты эффективности выбросов CO_2 являются показателем для сравнения и проверки оценок [1].

Было показано, что угольные электростанции выводятся из эксплуатации со средним сроком службы 46 лет во всем мире, но широкое распространение позволяет многим из них находиться в эксплуатации дольше, чем даже 60 лет [2]. Время окупаемости энергии угольной электростанции невозможно рассчитать, поскольку электростанция, работающая на ископаемом топливе, никогда не будет производить больше энергии, чем потребляет, если учитывать химическую энергию самого топлива.

Тепловой КПД угольной электростанции может достигать $45,5\%$. Практические значения η_t варьируются от 35% до 42% , когда учитывается энергия, необходимая для строительства электростанции и добычи угля. Эквивалент CO_2 для производства электроэнергии из

бурого угля составляет 1075 г. CO₂ на кВт*ч электроэнергии. Сравнение с энергосодержанием реакции 402,3 г. CO₂ на кВт*ч дает КПД CO₂ 37%, что находится в пределах 35-42% диапазона η_t .

Газотурбинные установки комбинированного цикла (ГТУ) объединяют газовые турбины с паровыми двигателями, обеспечивая самую высокую эффективность преобразования энергии из всех технологий сжигания ископаемого топлива. Ожидаемый срок службы установки ГТУ составляет 25-30 лет. Опять же, поскольку это электростанции, работающие на ископаемом топливе, они не имеют срока окупаемости энергии, поскольку топливо, необходимое для работы, не может обеспечить больше выходной энергии, чем то, что они содержат.

Известно, что тепловая эффективность превышает 60%. Выбросы CO₂ несколько различаются: 330 г., 436,0 г., 439,7 г. и 499 г. CO₂ на кВт*ч электроэнергии, что составляет 53,9%, 40,8%, 40,5% и 35,7% соответственно. В то время как газовые электростанции вырабатывают электроэнергию с выбросом CO₂ в 2-3 раза меньше, чем угольные электростанции, их выбросы по-прежнему в 7-19 раз выше, чем у электроэнергии, вырабатываемой фотоэлектрическими установками. Следовательно, η_t газовых электростанций комбинированного цикла в 7-19 раз ниже, чем у фотоэлектрических электростанций, что следует подчеркнуть больше при обсуждении будущего баланса электроэнергии.

Производители фотоэнергетических установок гарантируют срок службы в 25 лет, что обычно является гарантией того, что они будут работать на 80% от номинальной мощности, но срок службы большинства солнечных электростанций значительно превышает гарантийный срок [4].

Время окупаемости энергии сильно зависит от технологии и от места, в котором установлены солнечные модули. Удвоенная интенсивность солнечного излучения напрямую приводит к разделению времени окупаемости на два. Сроки окупаемости энергии в настоящее время колеблются в пределах 1-3 лет [4]. Если примем минимально возможный срок службы (25 лет) и максимально возможное время окупаемости энергии (3 года), это даст нам нижнюю границу энергоэффективности фотоэлектрической системы в течение всего срока службы, а именно коэффициент 8,3 и, следовательно, КПД в течение всего срока службы 830%. В более оптимистичном, но все же реалистичном сценарии, где предполагается срок службы 30 лет и срок окупаемости 2 года, эффективность составит 1500%. При

действительно оптимистичном сценарии с 35-летним сроком службы и 1 годом окупаемости энергии КПД достигает 3000%.

Более полный анализ должен включать в себя скорость деградации фотоэлектрических модулей. Средняя скорость деградации колеблется от 0,5% до 1%, при этом высокоэффективный кристаллический кремний достигает даже 0,2% в год [3]. Однако эти значения незначительны по сравнению с расхождением между η_t для PV и η_t для угля и газа: 830-3000% по сравнению с 35-42% и 35,7%-53,9% (КПД CO_2) соответственно.

Исследования интенсивности CO_2 неявно содержат информацию о КПД η_t . Фотоэлектрическая электроэнергия составляет ~50 г эквивалента CO_2 на кВт*ч вырабатываемой электроэнергии [2]. Сравнение с энергосодержанием реакции в 402,3 г. CO_2 на кВт*ч приводит к эффективности CO_2 в 803%. Следовательно, это значение соответствует наиболее консервативному сценарию эффективности срока службы, описанному здесь.

Но что, если использовать солнечную энергию? В этом случае подход должен включать в себя то, что ископаемое топливо происходит от солнечной энергии и что для его восполнения требуется определенное количество солнечной энергии. В настоящее время можно более эффективно вырабатывать энергию с помощью специализированных культур, вместо того чтобы ждать миллионы лет, пока растения превратятся в ископаемое топливо. Такие культуры, как рапс, позволяют производить биотопливо с эффективностью преобразования солнечной энергии около 1%. При использовании в электростанции с КПД 40% это приводит к общему КПД 0,4%. Очень наглядный способ визуализировать эту низкую эффективность - сравнить, как далеко может проехать автомобиль, работающий либо на биотопливе, либо на фотоэлектрической энергии, которые производятся на 1 га (0,01 км²) земли в течение одного года. Автомобиль с фотоэлектрическим приводом может проехать $4,24 \cdot 10^6$ км, в то время как автомобиль на биотопливе в лучшем случае может проехать $1,024 \cdot 10^5$ км. Это соответствует коэффициенту 41, что еще больше подчеркивает разницу в эффективности между невозобновляемыми видами топлива и фотоэлектрическими.

Таким образом, было представлено сравнение фотоэлектрических, угольных и газовых электростанций с комбинированным циклом в отношении их пожизненной эффективности η_t , т.е. общего объема произведенной электроэнергии, деленного на общее потребление первичной энергии. Это общее потребление энергии учитывает окисление топлива и, следовательно, может быть напрямую связано с

эффективностью CO_2 определенного процесса. Используя этот показатель, можно видеть, что фотоэлектрические электростанции в 7-19 раз эффективнее газовых электростанций с комбинированным циклом и в 14-50 раз эффективнее угольных электростанций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Земсков, В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК. Учебное пособие / В.И. Земсков. - М.: Лань, 2014. - 368 с.
2. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: КноРус, 2012. - 240 с.
3. Самсонов В.С. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для ВУЗов/ В.С. Самсонов, М.А. Вяткин - М.: Высш. Шк., 2001 - 416 с.
4. Водяников В.Т. Экономическая оценка энергетики АПК: Учеб. пособие для студентов ВУЗов/ В.Т. Водяников. - М.: ИКФ "ЭКМОС", 2002. - 384 с.

УДК 62-529

Шебанов В.Ю.

Научный руководитель: Сибирцева Н.Б., ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Безаварийное функционирование трансформаторов является важным фактором для экономики, влияющим на эффективность работы энергетической системы. В настоящее время контроль за состоянием трансформаторного оборудования тесно связан с капитальными расходами, что определяет потребность в сокращении времени и повышении качества обслуживания трансформаторов. Часто возникают ситуации, когда излишняя нагрузка перераспределяется между уже работающими трансформаторами с целью обеспечения отсрочки в покупке нового трансформаторного оборудования. Это приводит к повышенным термическим, механическим, электрическим нагрузкам на трансформаторы. Суммарное воздействие таких нагрузок влечет за собой уменьшение ресурса трансформаторного оборудования, а также

увеличения вероятности возникновения и скорости развития уже существующих дефектов.

В соответствии с [1] система мониторинга параметров силового трансформатора должна обеспечивать:

1. Контроль теплового состояния трансформаторного оборудования (контроль температуры верхних слоев масла и контроль температуры наиболее нагретой точки бака трансформатора).

2. Контроль газосодержания и влагосодержания трансформаторного масла.

3. Контроль состояния высоковольтных вводов.

4. Контроль состояния частичных разрядов в изоляции, что позволяет предсказать деградацию изоляции.

Из этого следует, что система мониторинга параметров силового трансформатора должна включать подсистемы, приведенные в (таблице 1). Она составлена из соображений, что стоимость системы мониторинга как минимум на этапах проектирования не должна превышать 5% от стоимости трансформатора. [2]

Таблица 1 – Состав технических средств системы мониторинга параметров силового трансформатора

№	Наименование диагностического модуля или прибора			Количество модулей
	Тип	Первичные датчики	Количество датчиков	
1				M0 (Main Monitor)
	Датчики температуры и влаги воздуха	1		
2	M3** (Bushing Monitor)	Входы для подключения датчиков токов проводимости и частичных разрядов	3	1
3	M4 (PD Monitor)	Датчики частичных разрядов	3	1
		Вход для внешней синхронизации	1	

Внешний вид модульной системы мониторинга TDM (Transformer Diagnostics Monitor) представлен на (рисунке 1).



Рис. 1 Внешний вид модульной системы мониторинга

Главный модуль мониторинга М0(Main Monitor) предназначен для организации связи между всеми диагностическими модулями системы TDM, включенными в поставку. Связь с модулями осуществляется по общей информационной шине, проходящей через все модули системы.

– При помощи модуля М0 производится управление работой технических средств системы TDM. Модуль управляет линиями связи, передачей данных между модулями.

– Информация от датчиков, подключенных к диагностическим модулям, и частично обработанная в модулях, собирается главным модулем мониторинга и готовится к передаче в систему АСУ ТП.

– В модуле М0 предусмотрены несколько измерительных каналов для регистрации аналоговых сигналов от датчиков технологических параметров. В основном это температура трансформаторного масла, регистрация которой необходима для использования в системах минимальной конфигурации. [3]

Модуль М3 предназначен для оперативного контроля технического состояния 6 вводов трансформатора по величине основной емкости вводов С1.

Для выявления дефектного ввода, а также для диагностики типа дефекта в изоляции, экспертной программой в модуле рассчитываются величины тангенсов углов потерь в изоляции всех контролируемых вводов. Контроль тангенсов углов потерь (изоляции) вводов. [4]

Модуль М4 предназначен для регистрации и анализа частичных разрядов в изоляции трансформатора и высоковольтных вводов. Регистрация частичных разрядов в трансформаторах может осуществляться в трех диапазонах частот – акустическом, высокочастотном (HF) и сверхвысокочастотном (UHF).

В системе TDM эти методы реализованы в трех модулях: М6 (акустический диапазон), М4 (HF) и М4.1 (UHF). Каждый диапазон

регистрации частичных разрядов в трансформаторах имеет свои достоинства и недостатки.

Модуль М4 предназначен для регистрации частичных разрядов в HF диапазоне частот в токах проводимости вводов (устройства присоединения DB-2), и при помощи высокочастотных трансформаторов тока марки RFCT. Для измерения используется до 15 первичных датчиков, устанавливаемых на измерительных выводах высоковольтных вводов, в цепях нейтрали и заземления трансформатора. [5]

Для трансформаторного оборудования диапазон HF является универсальным, так как позволяет контролировать разряды внутри бака и во вводах. Устройства присоединения DB-2 подключаются в системе TDM посредством модуля М3, поэтому модуль М4 должен устанавливаться в непосредственной близости.

Модуль М4 предназначен для регистрации частичных разрядов в трансформаторе с использованием

На основании выбранных модулей была построена функциональная схема мониторинга параметров силового трансформатора, представленная на (рисунке 2)

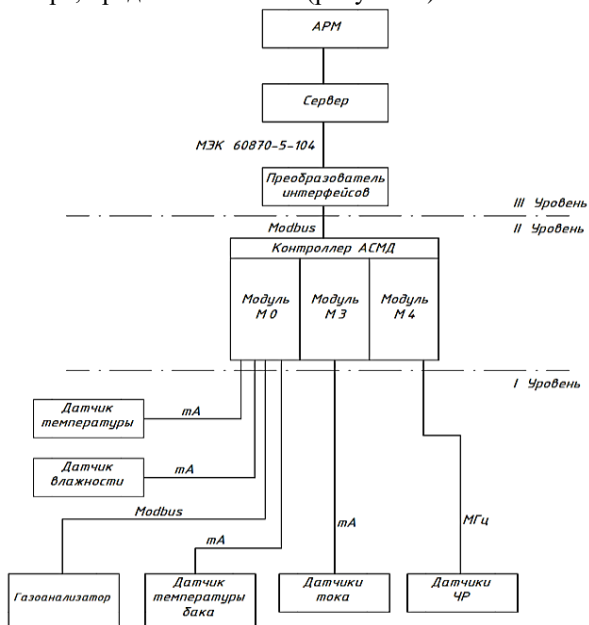


Рис.2 Функциональная схема системы мониторинга параметров силового трансформатора.

Внедрение методов и средств оперативной диагностики является наиболее эффективным средством повышения надежности работы силовых трансформаторов.

Система мониторинга силовых трансформаторов и автотрансформаторов (СМ) предназначена для:

– непрерывного измерения, регистрации и отображения основных параметров трансформаторов классов напряжения 110-750 кВ в нормальных, предаварийных и аварийных режимах;

– оценки и прогнозирования технического состояния трансформаторов.

Целью внедрения этих средств является обеспечение эксплуатирующего персонала информацией:

1. О текущем техническом состоянии трансформаторов, причинах и дефектах, обусловивших ухудшение состояния всего трансформатора;

2. Об остаточном, на данный момент времени, ресурсе работы трансформаторов на подстанции, т.е. времени безаварийной эксплуатации при выявленных и развивающихся дефектах.

3. Об эффективности и сроках проведения ремонтных работ, которые должны быть применены к данному оборудованию для поддержания его безаварийной эксплуатации.

Все эти три вопроса неразрывно связаны между собой, но наиболее сложной и основополагающей является задача оперативного определения текущего технического состояния трансформаторов. Для решения этих основных задач и применяются системы мониторинга силовых трансформаторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт ФСК «ЕЭС» [Электронный ресурс] – режим доступа: STO_56947007-29.200.10.011-2008_izm_12122019.pdf (fsk-ees.ru) Трансформаторы силовые, автотрансформаторы и реакторы. Автоматизированная система мониторинга и технического диагностирования. Общие технические требования (Дата обращения: 14.02.2022)

2. Сайт Компания «Dimrus» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://dimrus.ru/manuals/trans_monitoring.pdf Методическое руководство по выбору технических и программных средств для систем мониторинга силовых трансформаторов dimrus 40 с. (Дата обращения: 25.02.2022)

3. Сайт Компания «Dimrus» [Электронный ресурс] – Режим

доступа:https://dimrus.ru/manuals/tdm_um.pdf Модульная система для мониторинга состояния трансформаторного оборудования TDM (TDMR) Руководство по эксплуатации 12 с. (Дата обращения: 12.03.2022)

4. Сайт Компания «Dimrus» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://dimrus.ru/manuals/tdm_m3_um.pdf Модуль контроля вводов трансформатора BUSHING MONITOR (M3) Руководство по эксплуатации. 40 с. (Дата обращения: 21.03.2022)

5. Сайт Компания «Dimrus» [Электронный ресурс] – Режим доступа:https://dimrus.ru/manuals/tdm_m4_um.pdf Модуль контроля частичных разрядов PD MONITOR (M4) Руководство по эксплуатации. 24 с. (Дата обращения: 02.04.2022)

6. Сергиенко В.Г., Мельников А.Г., Башкатов И.В. Жилин Е.В. Концепция интеллектуальных сетей «Smart Grid» в электроэнергетике. Образование, наука, производство. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 3112-3117.

УДК 658.26

Янгиров А.Ю.

*Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ.-мат. наук, проф.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Основой для развития экономического сектора является часть энергетического комплекса почти всего региона. Крупнейшим экспортным товаром в Республике Татарстан является растущий спрос на электрическую и тепловую энергию.

На данный момент 34 крупнейших производителя электрической и тепловой энергии – ОАО "Татэнерго", ООО. ТГК-16, ООО "Нижняя ТЭЦ" - уже работают в городе, энергосистеме Республики Татарстан.

Рекламный сетевой бизнес, который обслуживает большинство районов, насчитывает 634 км линий электропередачи в отчете о финансовом положении для 72 притоков (включая автомагистрали), в том числе 599 миль линий электропередачи с напряжением 35-500 кВ. В общей сложности 27 территориальных подразделений республики, оказывающих услуги сети организаций [6].

Объем потребления электроэнергии Республики Татарстан в 2021 году составило 31,8 млрд кВт*ч, что составляет 9,6% от общего объема в 2020 году [3, 4].

Вырабатывается около 34,4 млн Гкал тепловой энергии, что на 7,6% больше, чем в предыдущем году.

Особое значение имеет практическая значимость надежного обеспечения потребителя тепловой энергией, электрификации всей Республики Татарстан, а также для обеспечения устойчивого развития энергетического сектора, повышения его конкурентоспособности, ввода в эксплуатацию объектов производства и создания нового приоритета энергетической системы.

Защита окружающей среды является одним из главных приоритетов. Сегодня республика Татарстан уделяет особое внимание этому аспекту продвижения и продвижения на федеральном уровне. 2016 - строительство нового газораспределительного пункта было построено в соответствии со схемой на основе применения принципа без снижения теплообмена газа (РТК-1). На ТЭЦ-2 соответствующими мероприятиями по-прежнему являются очистка воды и переоснащение технических устройств (ПТК-1), которое проводилось в 2018-2019 годах [5]. Мероприятие позволяет снизить энергопотребление грязной воды и химических веществ при производстве стекла, а также снизить содержание. И это лишь малая часть этого мероприятия, которое проводится в рамках реализации государственной политики в области охраны окружающей среды и энергоэффективности [1].

На сегодняшний день установленная мощность в республике Татарстан составляет 700 кВт/ч устойчивой энергии на 26%. Фактическая мощность объекта может быть использована в 200 кВт, а зарезервированная мощность составляет 1 МВт. Сила инвестиционной привлекательности снижается, так как необходимо тратить дополнительные средства на инвестиционную программу. В целях привлечения инвестиций реализуются новые проекты с целью увеличения инвестиционного потенциала и возможности впервые оплачивать дополнительные ресурсы. Если ничего не сделать с зарезервированной мощностью, то оплата электроэнергии может быть увеличена в четыре раза. Вместе с актом министр промышленности и торговли Республики Татарстан Альберт Каримов предположил, что ВЭБ не сможет предоставить компании-резиденту компенсацию затрат на оплату электроэнергии. Снижение этих затрат возможно за счет пропускной способности существующих проектов, снижения затрат на реализацию новых инвестиционных проектов, а также использования пропускной способности уже заказанного населения [2].

Необходимо увеличить производство энергии на атомной электростанции (АЭС), возобновляемой энергии и возобновляемых источниках энергии (ВИЭ). В дополнение к этому, кроме основной ответственности за загрузку тепловой электростанции (ТЭС) для производства электрической энергии [1].

Общая стоимость контракта на сегодняшний день составляет 6,5 миллиарда рублей. За более чем пять лет работы в государственном секторе удалось создать 41 млн кВт*ч и электроэнергии и 218 гкал тепловой энергии на общую сумму более 600 млн рублей [2].

Согласно прогнозам Министерства энергетики Российской Федерации, утверждение программ развития и определение возможностей для развития Татарстана, является энергетическим сектором. Основной целью программы является содействие развитию энергетики и инфраструктуры генерации сети, а также удовлетворение потребностей в электроэнергии и долгосрочных потребностей в мощности.

В то же время общий объем потребляемой электроэнергии в 2018 году составил 30,2 млрд до 32 млрд кВт*ч, согласно прогнозу к 2025 году. Увеличение объемов переработки нефти обусловлено расширением нефтеперерабатывающих заводов, а также увеличением объемов нефтеперерабатывающих заводов. В контексте растущего использования в производстве компании стоит серьезная задача - увеличение сбережений, инвестиций в производство и масштабная модернизация оборудования [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71. DOI 10.24160/0013-5380-2021-6-62-71.

2. Светлова К. Энергетика Татарстана: победы и проблемы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mpt.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_1907314.pdf (дата обращения 04.03.2022).

3. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Ахметшин А. Р. и др. Исследование электрических нагрузок многоквартирных жилых комплексов в период распространения новой коронавирусной инфекции // Вопросы электротехнологии. 2021. № 2(31). С. 57-67.

4. Закон РТ от 17.06.2015 N 41-ЗРТ "Об утверждении Стратегии развития топливно-энергетического комплекса Республики Татарстан на период до 2030 года" (принят ГС РТ 10.06.2015) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://tatelprof.ru/images/docs/Strategia_2030.pdf (дата обращения 04.03.2022).

5. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е., Ахметшин А.Р. Показатели режимных характеристик парогазового энергоблока ПГУ-110 МВт на частичных нагрузках // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 3(43). С. 47-56.

6. Гаврилова А.В. Генерация Татарстана: на пути к энергетической самодостаточности. Режим доступа: <https://ria.ru/20190531/1555162034.html> (дата обращения 04.03.2022).

УДК 620.92

Ясир А.М.

*Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ.-мат. наук, проф.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

СЕКТОР ВИЭ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ САУДОВСКОЙ АРАВИИ

В данной работе, основанной на анализе актуальных источников литературы, предпринимается попытка рассмотрения текущего положения и будущего развития возобновляемой энергетики Саудовской Аравии с целью представления научному сообществу роли и места ВИЭ в современной энергетической стратегии государства на ближайшее десятилетие.

Наблюдающийся в Саудовской Аравии растущий спрос на электроэнергию и стремление данного государства массово экспортировать углеводороды стимулируют сегодня в стране энергетический переход в сторону возобновляемой энергетики. При этом Саудовская Аравия намерена занять роль крупнейшего на Ближнем Востоке ветроэнергетического рынка. Так, согласно новому отчету исследовательско-консалтинговой организации Wood Mackenzie в ближайшие восемь лет в этом арабском государстве будет введено 6,2 ГВт установленных ветроэнергетических мощностей.

Помимо всего прочего, в данном отчете отмечается, что доля реализации столь внушительной уставной генерации электроэнергии составит более 45% от всех ветроэнергетических проектов в регионе,

планируемых к реализации до 2028 года. Ожидается, что большая часть капитала для их разработки будет привлечена из специального фонда госбюджета Саудовской Аравии, однако исследователями подчеркивается, что в самой энергетической стратегии страны прописано отсутствие успешного опыта развития ВИЭ с помощью господдержки [1].

Правительство также активно вкладывается в сектор солнечной энергетики, с целью повышения соответствующих мощностей. Так к 2030 году Саудовская Аравия планирует располагать практически 59 ГВт мощностей ВИЭ, 40 ГВт из которых ожидается получать с помощью энергии солнца. Важно отметить, что Управление по разработке проектов в секторе ВИЭ страны три года назад объявило тендеры на реализацию одиннадцати объектов в сфере солнечной энергетики, суммарная мощность которых будет составлять 2,2 ГВт. Из них 600 МВт придется на создаваемый солнечный парк во всемирно известном административном округе Мекка. Планируется, что парк станет составной частью более крупного солнечного энергетического комплекса мощностью 2,6 ГВт.

Активизация разработки проектов в сфере солнечной энергетики началась в Саудовской Аравии после старта строительства в 2018 г. электростанции Sakaka (300 МВт) стоимостью более 320 млн долларов США – первого проекта в рамках Инициативы по ВИЭ имени саудитского короля Салмана ибн Абдул-Азиз Аль Сауда. Предполагается, что мощности Sakaka будет хватать для обеспечения электроэнергией 45 тыс. домов в северном регионе провинции Аль-Джауф [2]. Вообще, наблюдающееся ускоренное развитие сектора ВИЭ в стране – одна из задач энергетической политики правительства Саудовской Аравии по стимулированию своей экономики, где активно продолжается многолетний экспорт углеводородных энергоносителей, который, по мнению экспертов, в скором времени может прекратиться, если государство будет и дальше массово использовать традиционные энергоресурсы для удовлетворения собственных энергетических нужд и покрытия местного спроса на электроэнергию, сжигая около 680 тыс. баррелей нефти в день. В данном проблемном поле решением видится национальная программа «Видение Саудовской Аравии 2030», являющаяся по своей сути планом социально-экономического развития Королевства. Энергетическая стратегия арабской страны во многом переплетается с данной программой, одна из ключевых задач которой состоит в максимизации прибыли, получаемой от сектора ВИЭ. Ожидается, что энергетический переход на возобновляемые источники

будет способствовать снижению внутреннего потребления нефти, перенаправляя ее на международный экспорт [1, 2].

Переход Саудовской Аравии от ископаемого топлива на ВИЭ является также хорошей возможностью дополнительного развития местной промышленности. К примеру, упомянутый план определяет потенциал экономического роста в локализации цепочки создания стоимости ВИЭ через сегменты исследований, производства и разработки в отрасли возобновляемой энергетики. Общеизвестно, что государство располагает большим количеством материалов, необходимых для производства множества компонентов ВИЭ. Так, сегодня в наличии у Саудовской Аравии имеется готовое сырье и полуфабрикаты, такие как нефтехимические продукты и кремнезем, которые крайне необходимы и незаменимы в производстве солнечных батарей и различных полимеров для ветровых турбин [2].

Национальная энергетическая стратегия Саудовской Аравии, скорректированная задачами «Видения 2030», предусматривает также усиление роли частного электроэнергетического сектора и предполагает его партнерство с государством в направлении развития ВИЭ и реализации мер по увеличению конкурентоспособности поставщиков энергетических услуг за счет так называемой либерализации рынка топлива, с сохранением качества электроэнергии [3] в части поддержания соответствующего нормативным требованиям уровня и симметрии напряжения у потребителей электроэнергии [4, 5]. Кроме этого, специалисты на саудитском рынке ВИЭ ожидают, что большинство прописанных в стратегии планов обусловят не только лишь сокращение потребления традиционных углеводородов и расширение производственных возможностей, но и повысят знания, улучшат навыки местных сотрудников в технологических отраслях государства. Прогнозируется, что такие инновации и перемены позволят собрать на внутреннем энергетическом рынке высококвалифицированную рабочую силу, которая, в свою очередь, в ближайшие годы привлечет значительные инвестиции и откроет новые возможности для экономического роста и процветания Саудовской Аравии [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Saudi arabia renewable energy market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/saudi-arabia-renewable-energy-market> (дата обращения: 07.02.2022).

2. Energy & Sustainability [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vision2030.gov.sa/thekingdom/explore/energy/> (дата обращения: 05.05.2022).

3. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458.

4. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

5. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИРГТУ. №6. 2011. С. 113-118.