

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

*Материалы
II Национальной научно-практической конференции*

Тюмень
ТИУ
2023

УДК 69
ББК 003
С 65

Ответственный редактор:
кандидат технических наук, доцент А. П. Белкин

Редакционная коллегия:
О. А. Степанов, Е. О. Антонова,
А. А. Румянцев, Н. В. Рыдалина

Современные проблемы энергетики: материалы II Национальной научно-практической конференции / отв. ред. А. П. Белкин.
С 65 – Тюмень: ТИУ, 2023. – 137 с. – Текст: непосредственный.
ISBN 978-5-9961-3049-8

В издании опубликованы статьи и доклады, представленные на II Национальной научно-практической конференции, в которых изложены результаты исследовательских и опытно-конструкторских работ по широкому кругу вопросов. В сборник вошли материалы работы секций «Энерго- и ресурсосбережение», «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», «Теплоэнергетика».

Издание предназначено для научных, инженерно-технических работников, а также обучающихся технических вузов.

УДК 69
ББК 003

ISBN 978-5-9961-3049-8

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тюменский индустриальный
университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «Энерго и ресурсосбережение»	8
Обзор перспективных хладагентов для транспортных холодильных и климатических установок	8
<i>Долгополов А. С.</i>	
Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону	
Сравнение эффективности теплонасосных установок в высокотемпературных циклах	11
<i>Елсуков Н. С., Аникина И. Д., Калмыков К. С.</i>	
Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург	
Оптимизация конструкции плунжера как метод повышения эффективности ресурсопользования	13
<i>Ергулович И. Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Концепция цифрового двойника молниезащиты для зданий и сооружений, содержащих электроустановки.....	15
<i>Зольников Д. Н.¹, Зольников Н. Н.²</i>	
¹ Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень; ² Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск	
Разработка алгоритма продления исправного состояния электрооборудования.....	17
<i>Зольников Д. Н.¹, Зольников Н. Н.²</i>	
¹ Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень; ² Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск	
Рециркуляция дымовых газов в трубчатой печи.....	19
<i>Ибрагимова А. Т.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Преимущества системы приточной вентиляции фирмы Big Dutchman	21
<i>Ишутин М. С., Юркин В. В., Андреев Л. Н.</i>	
Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень	
Повышение эффективности систем теплоснабжения с внедрением автоматизированных индивидуальных тепловых подстанций	22
<i>Казанцев Н. К., Молоков А. М., Колесникова Д. А.</i>	
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург	
Моделирование температурного состояния твэла РУ РИТМ-200 с аварийно-устойчивым топливом	25
<i>Лазарева И. А., Парамонова И. Л.</i>	
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург	
Аспекты промышленной безопасности в производстве железобетонных изделий	27
<i>Митина В. С.¹, Лизунова Е. Д.²</i>	
¹ Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень; ² Российский университет транспорта (МИИТ) г. Москва	

Техническое состояние оборудования для производства ЖБИ в свете промышленной безопасности	30
<i>Михайлова М. Н.¹, Митина В. С.¹, Лизунова Е. Д.²</i>	
¹ Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень; ² Российский университет транспорта (МИИТ) г. Москва	
Учет поперечной емкостной проводимости двухцепной ЛЭП с грозотросом при дистанционном ОМП.....	33
<i>Панова Е. А.^{1,2}, Новиков И. В.¹, Сабирова Р. Р.¹</i>	
¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск; ² Тюменский индустриальный университет (филиал в г. Тобольске), г. Тобольск	
Определение предела прочности стали 40Х при шлифовании по параметрам её твердости и микротвердости.....	35
<i>Полтавец В. В.</i>	
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк	
Анализ энергосберегающего осциллятора нефиксированной частоты.....	38
<i>Попов И. П.</i>	
Курганский государственный университет, г. Курган	
Синтез энергосберегающего осциллятора нефиксированной частоты.....	41
<i>Попов И. П.</i>	
Курганский государственный университет, г. Курган	
Анализ влияния настроек АРВ на протекание переходного процесса с низкочастотными колебаниями.....	44
<i>Радько П. П.</i>	
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск	
Применение электрофилтра-озонатора при выполнении технологических процессов на предприятиях переработки сельскохозяйственной продукции	47
<i>Ржепко В. В.</i>	
Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень	
Метан: перспективы развития	50
<i>Савельев Я. В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Определит ли литий четвёртую индустриальную революцию?	53
<i>Тельных Е. О.</i>	
Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, г. Санкт-Петербург	
Применение драгоценных металлов в электронике.....	56
<i>Тюсов Д. Е.</i>	
Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень	
Современные технологии переработки и утилизации нефтесодержащих отходов	58
<i>Чеканина Е. А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

Имитационное моделирование процессов нефтяного терминала как метод повышения ресурсосбережения	61
<i>Ярошко Я. С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, Тобольский индустриальный институт (филиал), г. Тобольск	
СЕКЦИЯ «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»	65
Оценка экологической эффективности альтернативных источников энергии из отходов производства.....	65
<i>Балуева Е. С., Дулатова З. К.</i>	
МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва	
Солнечная энергия в сельском хозяйстве и производстве	67
<i>Жернова М. К., Абдулхаева Г. С.</i>	
Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень	
Методы повышения коэффициента полезного действия солнечных электростанций.....	70
<i>Колесникова Д. А., Молоков А. М., Казанцев Н. К.</i>	
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург	
Анализ рентабельности создания ветропарков в Тюменской области.....	72
<i>Красильникова Е. Е., Мочалова А. А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Исследование кинематических параметров ветра при расчёте лопастей ветроустановки Объект 1-У	75
<i>Лосев Д. Я.</i>	
Тюменский Индустриальный Университет, г. Тюмень	
Оценка ожидаемой солнечной генерации с применением цифровых инструментов	78
<i>Милованов Т. Е.</i>	
Томский политехнический университет, г. Томск	
Аккумуляирование энергии как средство повышения надёжности и эффективности применения нетрадиционных источников энергии	81
<i>Молоков А. М., Казанцев Н. К., Колесникова Д. А.</i>	
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург	
Применение комбинированных альтернативных источников энергии в сельском хозяйстве	84
<i>Мостовой В. Ю.¹, Овсянникова Е. А.²</i>	
¹ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва; ² Институт механики и энергетики имени В. П. Горячкина, г. Москва.	
Актуальность использования нетрадиционных источников получения электрической энергии на примере ветрогенераторов	88
<i>Овсянникова Е. А.</i>	
РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва	

Перспективы развития возобновляемых источников энергии в северных регионах России	90
<i>Подкорытов Д. Д.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Применение ацеталей в качестве компонентов моторных топлив	92
<i>Сафина Д. Н., Хуснутдинов И. Ш., Сафиулина А. Г.</i>	
Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань	
Текущие энергетические проблемы как движущая сила ядерных инноваций.....	95
<i>Хлифа Р. Х.</i>	
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск.	
Перспективы использования возобновляемых источников энергии в России	98
<i>Худайбердиев А. Т.</i>	
Уральский государственный университет, г. Екатеринбург	
СЕКЦИЯ «Теплоэнергетика».....	102
Разработка стенда для исследования эффективности совместной работы турбулизаторов и пористых материалов.....	102
<i>Абросимова С. А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
К классификации котельных установок по тепловой мощности	104
<i>Бабаев А. Д.</i>	
Тюменский Индустриальный Университет, г. Тюмень	
Перспективы водородной энергетики	107
<i>Зак Е. Е., Германова Т. В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Необходимость применения SCADA-систем в современных системах автоматического управления на электростанциях.....	108
<i>Куликов Р. В.</i>	
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань	
Производственные риски на предприятии топливно-энергетического комплекса.....	110
<i>Кучерова Е. А., Дебердиева Н. П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Разработка цифрового двойника котлоагрегата ПК-10п-2.....	114
<i>Маркина М. В.</i>	
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, АО «НБИ», г. Санкт-Петербург, г. Москва	
Импортозамещение как ориентир развития топливно-энергетического комплекса.....	117
<i>Мочалова А. А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
К вопросу выбора тепловой изоляции тепловых сетей.....	119
<i>Поташкин Н. В., Селиверстова П. С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

ТЭП как инструмент инженера для определения эффективности парового котельного агрегата.....	122
<i>Рубцов Д. Д., Сомов А. М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Анализ концепций и возможности внедрения цифровой системы технического обслуживания и ремонта.....	124
<i>Рябухина В. Е.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Обоснование теплового расчета сушильной установки на примере ООО ЛДК «Сегежский» г. Сегежа Республики Карелия.....	127
<i>Устинов А. С.</i>	
Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск	
Разработка технического решения для системы кондиционирования вагона электропоезда пригородного сообщения г. Петрозаводска	129
<i>Устинов А. С.</i>	
Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск	
Анализ энергоэффективности приточно-вытяжной вентиляции промышленного предприятия с внедрением рекуперации тепла.....	132
<i>Шириков К. Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Схемы обустройства систем вентиляции в многоквартирном доме	134
<i>Юрченко А. С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Долгополов А. С.

Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону

В условиях конкурентной борьбы предприятий России, производящих холодильные и климатические установки для транспорта, актуальными являются задачи повышения энергетической эффективности и экологической безопасности этих установок. Наряду с основными мероприятиями, которые используются производителями и рассмотрены в статье [1], имеются способы расширения рабочих температур у существующих установок, в том числе для режима «тепловой насос». Основным из таких способов является замена рабочего вещества климатической системы (хладагента), которая позволяет оказать положительное влияние на экологическую безопасность и повысить энергетическую эффективность установки, что в конечном счете скажется на ее энергопотреблении.

Холодильные и климатические системы железнодорожного, автомобильного и водного транспорта в России в основном используют холодильные установки, работающие на синтетических хладагентах. На сегодняшний день основным рабочим веществом является гидрохлорфторуглеродное (ГХФУ) соединение с обозначением R22, но, в связи с разрушающим воздействием хлора на молекулы озона, вещества этого класса должны быть заменены на соединения, которые не содержат хлор и не способствуют разрушению озонового слоя Земли, поэтому этот хладагент постепенно выводится из оборота [2], уступая свое место гидрофторуглеродному (ГФУ) веществу R134a. Данный хладагент не имеет в своем составе хлора, а значит, является безопасным для озонового слоя.

На основе ГФУ хладагентов создаются смеси (например R404a, R407c, R410a), которые также являются альтернативой R22 в холодильной технике и теплонасосных установках, однако, эти смеси не смешиваются с минеральными маслами, и требуют смазки на синтетической основе. Таким образом, замена хладагента в существующих транспортных климатических системах, влечет за собой замену смазочных материалов, но не все используемое оборудование может на них работать, следовательно оно также требует замены на совместимое с новым маслом.

Относительно недавно к хладагентам, которые выпускаются в промышленном масштабе, добавилось новое вещество. Этим веществом является однокомпонентный хладагент R1234yf или 2,3,3,3-Тетрафторпропан, также называемый гидрофторлефин. Данный хладагент имеет благоприят-

ные экологические показатели, а благодаря схожим термодинамическим характеристикам с R134a может стать его заменой в транспортных системах, т. к. не потребуются вносить существенных изменений в конструкцию холодильных и климатических систем [3].

Для транспортных холодильных и климатических установок большой интерес представляет хладагент R744 (диоксид углерода), обладающий следующими достоинствами: нетоксичен, негорюч, широко распространен, имеет низкую стоимость, оказывает минимальное влияние на окружающую среду и имеет хорошие, в сравнении с другими хладагентами, термодинамические характеристики [4]. Главным недостатком холодильных установок, работающих на диоксиде углерода, является большое рабочее давление – до 120 бар, но такие установки имеют очень компактные размеры, что обусловлено высокой плотностью энергии хладагента [3]. На сегодняшний день, в развитых странах ведутся активные разработки транспортных климатических систем на хладагенте R744, что является подтверждением перспективности его использования.

Еще одним природным хладагентом, являющимся альтернативой применяемым, является изобутан (R600a). Этот хладагент не несет разрушающего воздействия на озоновый слой, а его влияние на глобальное потепление одно из самых низких. Основным недостатком является горючесть и взрывоопасность, что не позволяет применять этот хладагент в больших холодильных системах. Однако он является отличной альтернативой для небольших транспортных и бытовых установок [5].

Для всех хладагентов степень экологичности определяется следующими показателями: озоноразрушающий потенциал (ОРП), потенциал глобального потепления (ПГП), предельно допустимая концентрация (ПДК). Эти свойства для рассмотренных хладагентов представлены в таблице 1 [6].

Таблица 1

Экологические свойства хладагентов

Обозначение	Химическое название	ПДК, мкг/м ³	ОРП	ПГП
R22	Хлордифторметан	0,21	0,055	1700
R134a	1,1,1,2-тетрафторэтан	0,21	0	1300
R600a	-	0,06	0	3
R1234yf	2,3,3,3-тетрафтор-1-пропен	0,467	0	4
R744	Двуокись углерода	0,07	0	1

Таким образом, в настоящее время имеется достаточное количество веществ, использование которых позволяет отказаться от использования озоноразрушающих и обладающих высоким парниковым эффектом хладагентов в холодильных и климатических установках.

Библиографический список

1. Долгополов, А. С. Анализ возможностей снижения потребления энергии холодильной системой / А. С. Долгополов, А. А. Патенян. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов, посвященной 65-летию Тюменского индустриального университета, Тюмень, 27-29 октября 2021 г. / отв. редактор А. Н. Халин. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 294-296.

2. Долгополов, А. С. Анализ преимуществ использования двуокиси углерода в холодильной технике / А. С. Долгополов, О. В. Савельев. – Текст : непосредственный // Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 26–27 сентября 2019 года. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 97-100.

3. Приймин, В. П. Повышение эффективности работы теплового насоса в системе отопления пассажирского вагона : специальность 05.22.07 "Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. П. Приймин. – Санкт-Петербург, 2017. – 20 с. – Текст : непосредственный.

4. Киселев, И. Г. Теплотехника на подвижном составе железных дорог : учебное пособие для студентов высших учебных заведений железнодорожного транспорта, обучающихся по специальности 190301 "Локомотивы" и 190302 "Вагоны" / И. Г. Киселев. – Москва : Транспорт, 2008 – 277 с. – Текст : непосредственный.

5. Филатов, А. С. Сравнение и анализ теплофизических свойств холодильного агента – изобутан (R600a) / А. С. Филатов. – Текст : непосредственный // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО : 47 научная и учебно-методическая конференция Университета ИТМО, Санкт-Петербург, 30 января 2018 года. – Санкт-Петербург : Национальный исследовательский университет ИТМО, 2018. – С. 105-108.

6. ГОСТ EN 378-1-2014. Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора. – Москва : Стандартформ, 2016. – 58 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Ворон О. А., к. т. н., доцент, зав. каф. «Вагоны и вагонное хозяйство».

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЦИКЛАХ

Елсуков Н. С., Аникина И. Д., Калмыков К. С.

*Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург*

Теплонасосная установка (ТНУ) – это теплотехническое устройство, предназначенное для переноса низкопотенциальной теплоты на пригодный для прямого использования температурный уровень [1]. Показателем эффективности тепловых насосов служит коэффициент преобразования энергии (1), который в зависимости от схемы установки, источника низкопотенциальной теплоты, рабочего тела и др. факторов чаще всего находится в пределах от 2,5 до 5:

$$\mu = \frac{q_k}{l_{сж}}, \quad (1)$$

где q_k – удельная нагрузка конденсатора теплового насоса, кДж/кг;

$l_{сж}$ – удельная работа сжатия в компрессоре, кДж/кг.

Широкое использование ТНУ на промышленных объектах ограничивается снижением показателей эффективности тепловых насосов при увеличении температуры генерируемого теплового потока. Также стоит отметить, что большинство рабочих тел тепловых насосов не способно генерировать потоки с температурами, необходимыми энергетической отрасли. Например, критическая температура, при которой фреон распадается на простые химические вещества, у распространенного хладагента R134a составляет 101,03 °C [2]. Следовательно, в качестве хладагента рекомендуется использовать химически более устойчивое рабочее тело без существенных ограничений на уровень температур. Одним из перспективных рабочих тел ТНУ является вода (R718). В 2021 году норвежская компания «SINTEF» спроектировала тепловой насос с водяным рабочим телом, способный утилизировать поток параметрами свыше 50 °C и генерировать тепловую нагрузку в конденсаторе с параметрами до 180 °C [3].

В качестве примера проведем сравнение эффективности двух ТНУ, включенных для предварительного подогрева метана с 15 до 95 °C с целью генерации водорода методом паровой конверсии метана в исследовании [4]. Источником низкопотенциальной теплоты является циркуляционная вода пучка охлаждения конденсатора паровой турбины ПТ-60-130/13. Первая ТНУ выполнена по простейшей схеме, рис. 1 а), вторая – по каскадной, рис. 1 б). Рабочим телом простейшей ТНУ и нижнего цикла каскадной ТНУ является R134a. Хладагентом верхнего каскада является вода.

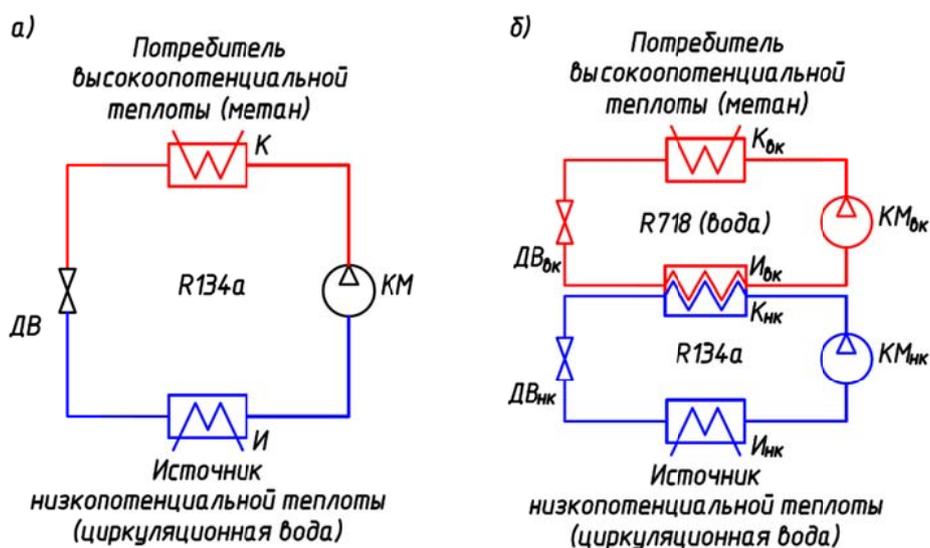


Рисунок 1. а) простейшая ТНУ; б) каскадная высокотемпературная ТНУ.
 К – конденсатор; ДВ – дроссельный вентиль; И – испаритель; КМ – компрессор;
 индекс «нк» – нижний каскад; индекс «вк» – верхний каскад

В исследовании [см. 4] было определено, что для предварительного нагрева метана с 15 до 95 °С необходимо подвести к нему тепловой поток 1,473 МВт. В таблице 1 показаны результаты расчетов простейшей и каскадной ТНУ:

Сравнительный анализ схем ТНУ Таблица 1

Параметр	Простейшая ТНУ	Каскадная высокотемпературная ТНУ
Нагрузка в конденсаторе, МВт	1,473	1,473
Суммарная мощность компрессора(ов), МВт	0,962	0,496
Нагрузка в испарителе, МВт	0,510	0,977
Коэффициент преобразования энергии	1,530	2,972

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- Применение высокотемпературной каскадной ТНУ по сравнению с простейшей ведет к увеличению эффективности системы в 1,94 раз;
- Вода (R718) является перспективным рабочим телом теплового насоса;
- Для утилизации температур ниже 50 °С с помощью высокотемпературного теплового насоса рекомендуется подключить каскадный контур с низкокипящим фреоном.

Библиографический список

1. Применение тепловых насосов для энерго- и ресурсосбережения на ТЭС : учебник для студентов вузов / И. Д. Аникина, М. А. Трещева, С. В. Скулкин, В. Г. Киселев. – Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 118 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ Р ИСО 17584-2015. Свойства хладагентов. ISO17584:2005 Refrigerant properties. Общие положения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию метрологии от 24 июня 2015 г. № 793-ст : введ. впервые : дата введ. 2016-01-01 / разработан ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий», 2015. – 73 с. – Текст : непосредственный.

3. Experimental evaluation of a water based high temperature heat pump with novel high pressure lift turbo compressors / E. Verpe, C. Schlemminger, M. Bantle, M. Ahrens. – URL: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85098225650&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=sintef%2cheat+pump&sid=6cac82a3d90a387624e93e03e78b0e43&sot=b&sdt=b&sl=32&s=TITLE-ABS-KEY%28sintef%2c+heat+pump%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1 / (date of application : 07.12.2020). – Text : electronic.

4. Use of heat pumps in the hydrogen production cycle at thermal power plants / K. Kalmykov, I. Anikina, D. Kolbantseva [et al.]. – Direct text // Sustainability. – 2022. – P. 1-18.

Научный руководитель: Аникина И. Д., канд. техн. наук, доцент.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЛУНЖЕРА КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Ергулович И. Н.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В настоящее время ежегодное сокращение запасов природных ресурсов ведёт к повышению значимости вовлечения организации эффективной системы ресурсосбережения на уровне промышленного производства и потребления продукции. Более того, ресурсо- и энергосберегающая отрасли – одни их основных сфер национальной экономики [1]. Таким образом, страна, использующая меньше энергии и природных ресурсов для достижения аналогичных результатов, относительно других государств, не только имеет более стабильный уровень экономики, но и уменьшает загрязнение территории различными отходами производств. Этим обуслов-

лена актуальность внедрения инноваций, оптимизация уже применяющихся устройств и технологий в сфере ресурсосбережения.

Особый интерес для внедрения новых технологий ресурсосбережения вызывает нефтегазодобывающая промышленность, так как именно она является основой топливно-энергетического комплекса (ТЭК) экономики нашей страны. ТЭК, в свою очередь, составляет треть основных фондов и стоимости продукции промышленности России. Однако, данный вид промышленности имеет колоссальное отрицательное влияние на окружающую среду: загрязнение воздуха, деградация почв, заражение подземных питьевых источников, сейсмическая активность, изменение климата [2].

Дата промышленной эксплуатации крупных месторождений на севере Тюменской области приходится на 70-е - 90-е годы (например, Медвежье (1972 г.), Ямсовейское (1997 г.), Юбилейное (1992 г.)), поэтому огромное количество месторождений на данной территории находятся на стадии падающей добычи с закономерными проявлениями признаков обводнения и пескопроявления, соответственно снижается энергетические возможности продуктивного пласта, устьевые давления.

Технология удаления жидкости с забоя скважины посредством плунжерного лифта вызывает особый интерес для оптимизации. В исследовании проводился конечно-элементный анализ в САЕ-системе Ansys предыдущих вариаций плунжера, выявлены их основные недостатки: низкие аэродинамические показатели, быстрый износ конструкции вследствие несовершенной геометрии. На рисунке 1 показана оптимизированная конструкция, конструктивно отличающаяся наличием конфузурно-диффузорной системы.

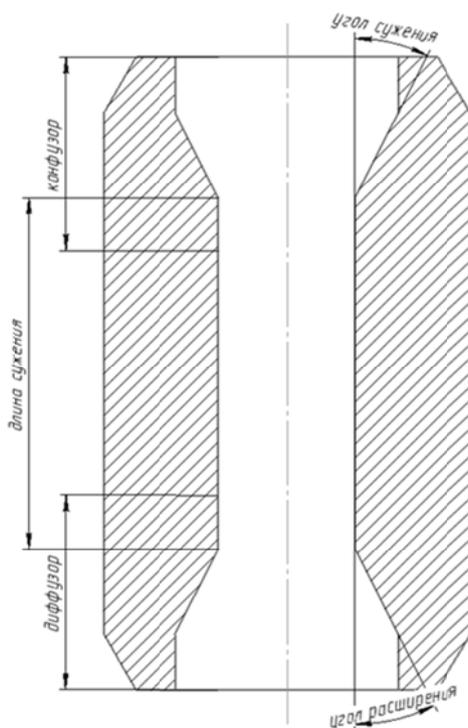


Рисунок 1. Схематичное представление оптимизированной конструкции плунжера

Преимущества новой конструкции: более прямолинейная траектория движения в эксплуатационной колонне относительно прошлых конструкций, увеличенный срок службы оборудования за счёт уменьшения риска быстрого износа, повышение эффективности ресурсопользования за счёт стабилизации восстановления дебита газа.

Библиографический список

1. Цховребов, Э. С. Ресурсосбережение: основные этапы становления, теории и методы, тенденции и перспективы развития в промышленности и строительной индустрии России / Э. С. Цховребов. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2020. – № 1. – С. 112-158.

2. Никонов, А. Н. Нефтяная промышленность, как один из серьезных загрязнителей окружающей среды / А. Н. Никонов, С. О. Потапова. – Текст : непосредственный // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – № 9. – С. 666-673.

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА МОЛНИЕЗАЩИТЫ ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

Зольников Д. Н.¹, Зольников Н. Н.²

¹Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень;² Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Эксплуатация электроустановок определяет надежность производства и распределение электроэнергии. Для обеспечения бесперебойной работы электрооборудования необходимы мероприятия по защите их от перенапряжений, ударов молний и других вторичных воздействий [1].

Наиболее актуальна проблема молниезащиты электрооборудования в нефтегазовой промышленности, когда авария может привести к пожарам, взрывом горючих веществ, что приводит к нарушению технологических процессов в компании и нанесению большого вреда окружающей среде. Приостановка технологических циклов на предприятии может привести к большому убытку для компании.

При проектировании объектов электроэнергетики особое внимание уделяют системам молниезащиты и заземления. Необходима своевременная молниезащита электрооборудования и создание алгоритмов для недопущения появления чрезвычайных ситуаций на производстве.

Большое количество алгоритмов по расчету молниезащиты и заземления основано на расчете одиночных зданий и сооружений, при этом исходные данные вносятся пользователем вручную [2].

Авторы предполагают создать программу, целью которой будет являться проектирование молниезащиты целого предприятия. Для расчетов необходимо будет воссоздать 3D-модель зданий и сооружений, содержащих электрооборудование. Например, цифровую модель предприятия можно построить путем лазерного сканирования территории, с помощью воздушного и наземного методов [3]. При создании цифровых двойников также можно воспользоваться космическими снимками и интерпретацией их при помощи искусственного интеллекта. Цифровые двойники и искусственный интеллект могут позволить предприятиям выйти на новый уровень эффективности [4]. Если уже имеется трехмерная модель предприятия, то необходимо ее загрузить в программу.

Для расчетов потребуется карта частоты ударов молний в данном регионе, чтобы обновлять информацию в программе по мере изменения параметров окружающей среды. Данные о сопротивлении грунта, зданий и сооружений также должны быть введены в программу.

Далее программа должна выполнить расчеты по молниезащите и определить зоны предприятия, наиболее подверженных ударам молний и подобрать количество, типы молниеотводов и другие параметры, исходя из заданных условий. Расчеты можно производить, например, в соответствии с методикой [5]. В таком случае необходимо использовать стержневые молниеотводы [6].

Предположительная схема реализации цифрового двойника приведена на рисунке 1.

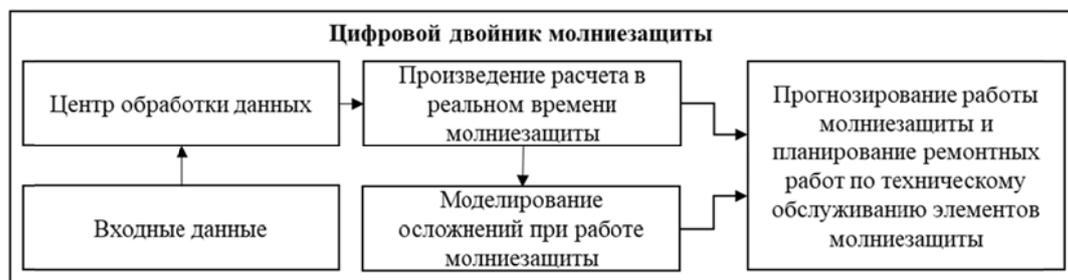


Рисунок 1. Схема цифрового двойника молниезащиты

Предполагается, что программный комплекс будет рассчитывать в режиме реального времени молниезащиту и давать возможность моделирования чрезвычайных ситуаций, чтобы в последующем прогнозировать предполагаемые пути решения подобных обстоятельств.

Применение цифрового двойника даст большую эффективность на предприятиях, наиболее подверженных ударам молний, что приведет к сокращению убытков от последствий чрезвычайных ситуаций. Также можно предусмотреть введение подобных цифровых двойников в условиях городской инфраструктуры [7].

Биографический список

1. Диагностика, повышение надежности и остаточный ресурс некоторых систем защиты / И. С. Сухачев, О. В. Смирнов, С. В. Воробьева, Т. В. Михалева. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2015. – № 1(109). – С. 105-108.

2. Сухачев, И. С. Разработка программного алгоритма эффективной молниезащиты / И. С. Сухачев, П. В. Чепур. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-2. – С. 291-295.

3. Середович, В. А. Особенности применения данных различных видов лазерного сканирования при мониторинге природных и промышленных объектов / В. А. Середович, М. А. Алтынцев, Р. А. Попов. – Текст : непосредственный // Вычислительные технологии. – 2013. – Т. 18, № 51. – С. 141-144.

4. Цифровые двойники и искусственный интеллект спешат на помощь промышленным предприятиям. – Текст : электронный // itWeek : официальный сайт. – 2020. – URL : <https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=215614> (дата обращения : 27.09.2022).

5. Исследование молниезащиты открытых распределительных устройств электрических станций и подстанций / А. Г. Лютаревич, М. А. Басмановский, В. П. Сержанский, Е. П. Жиленко. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. – 2018. – № 6(162). – С. 61-66.

6. Куприенко, В. М. Анализ методик расчета и выбора параметров зоны защиты стержневых молниеотводов / В. М. Куприенко. – Текст : непосредственный // Электричество. – 2012. – № 9. – С. 39-43

7. Концепция построения цифрового двойника города / С. А. Иванов, К. Ю. Никольская, Г. И. Радченко [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2020. – Т. 9, № 4. – С. 5-23.

Научный руководитель: Сухачев, И. С., канд. техн. наук, доцент.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОДЛЕНИЯ ИСПРАВНОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Зольников Д. Н.¹, Зольников Н. Н.²

¹Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень;² Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Контроль текущего состояния электрооборудования является очень важным, особенно при высоких напряжениях, так как возникают осложняющие факторы, которые могут вызвать дефекты, повреждения и сбои при работе электроустановок.

Для недопущения подобных сценариев событий необходимо проведение технической диагностики [1], с целью выявления нарушений в рабо-

те электроустановок. Выделяют четыре состояния электрооборудования: исправное, работоспособное, неработоспособное и предельное. При работе электрооборудования возможен переход от исправного состояния к списанию в соответствии с рисунком 1 [2].

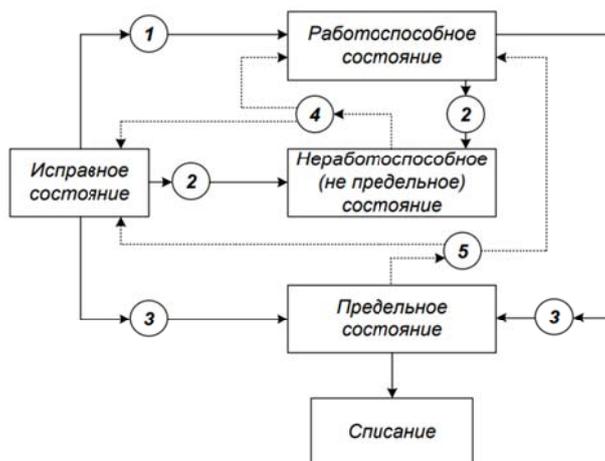


Рисунок 1. Причины изменения состояния электрооборудования: 1 – повреждение; 2 – отказ; 3 – переход в предельное состояние из-за неустранимого дефекта, морального старения и других факторов; 4 – восстановление; 5 – ремонт

При работе исправного электрооборудования целесообразно устранять любые повреждения, так как они могут привести к износу или отказу. Разработка способов диагностики электрооборудования является важной задачей, способной продлить срок службы оборудования путем поддержания эксплуатационных характеристик электроустановки.

Предполагается, что диагностика исследуемого объекта будет производиться при помощи специальных приспособлений, принимающих электромагнитное излучение, генерируемого электрооборудованием. Далее происходит передача в центр обработки данных с программным обеспечением для задания команды последующей работы электроустановки. Общая схема диагностики электрооборудования приведена на рисунке 2.

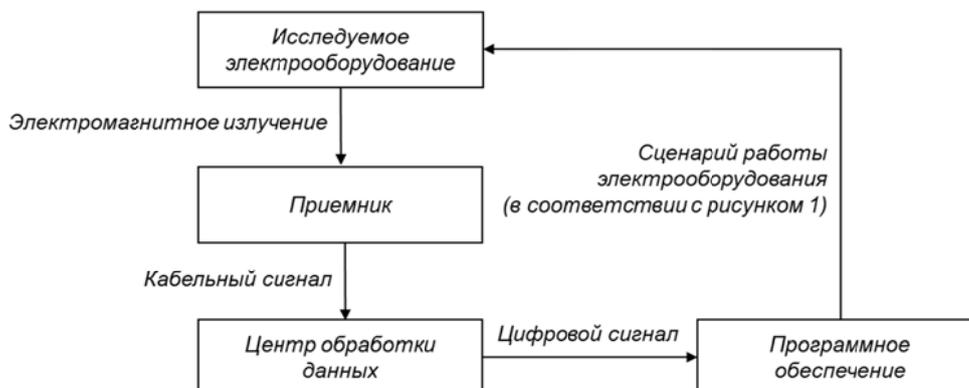


Рисунок 2. Общая схема диагностики электрооборудования

Таким образом, программное обеспечение путем анализа данных диагностики электрооборудования позволит произвести благоприятный сценарий работы электроустановки, позволяющий продлить период ее эксплуатации.

Биографический список

1. Русан, В. И. Диагностика электрооборудования : учебно-методический комплекс / В. И. Русан, К. Ю. Шварц. – Минск : БГАТУ, 2012. – 296 с. – Текст : непосредственный.

2. Козлов, А. Н. Методы диагностики электрооборудования электроустановок : сборник учебно-методических материалов / А. Н. Козлов, И. В. Наумов. – Благовещенск : АмГУ, 2017. – 47 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Сухачев. И. С., канд. техн. наук, доцент.

РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ

Ибрагимова А. Т.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В работе исследуется процесс рециркуляции дымовых газов в трубчатой печи, как метод достижения ресурсо- и энергосбережения на установках подготовки нефти.

Процессы сжигания в нефтезаводских печах с рекуперацией энергии, направленные на минимизацию расхода выбрасываемого дымового газа, имеют преимущества как с экономической, так и с экологической точки зрения [1-3].

Экономическая выгода, в качественном выражении, проистекает в основном из более низкого расхода дымовых газов и является двойкой: (1) последующая достижимая рекуперация энергии и (2) более низкие капитальные затраты, связанные с меньшей установленной мощностью сырьевого потока. Экологические преимущества связаны с уменьшением загрязнения атмосферы в результате меньшего выброса дымовых газов.

Таблица 1

Характеристика показателей печи при рециркуляции дымовых газов

Коэффициент рециркуляции γ	Количество топлива при рециркуляции G_T'		Процент сокращения G_T' , %	Потери тепла с уходящими газами при рециркуляции Q_{yx}' , кДж/ч	Процент сокращения Q_{yx} , %
	кг/ч	тыс.т/год			
0,1	1898	15,26	0,48	3,40	9,96
0,3	1876	15,09	2,81	2,97	30,05
0,5	1777	14,29	6,80	3,46	49,98
0,8	1642	13,20	13,90	3,96	72,43

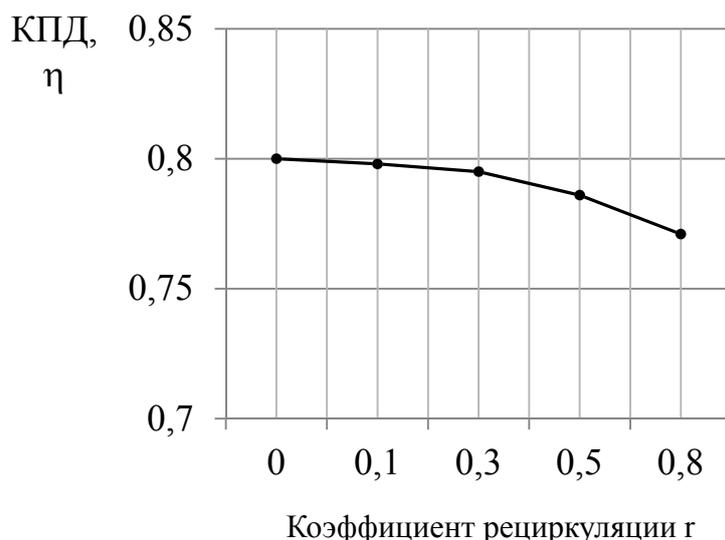


Рисунок 1. График зависимости КПД печи η от коэффициента рециркуляции γ

Рециркуляция также обладает рядом недостатков. По данным таблицы 1 и графика на рисунке 1, построенным на основании исследования, можно сделать вывод, что при большем коэффициенте γ падает КПД печи η . Это негативно воздействует на ее эффективную работу.

При исследовании процесса рециркуляции дымовых газов в печи необходимо подбирать оптимальное значение коэффициента γ для достижения рационального соотношения между падением КПД и сокращением подачи топлива и теплопотерь.

Библиографический список

1. Cabascango, V. E. Influence of the natural gas composition and flue gas recirculation in a reverberatory furnace for nickel alloys / V. E. Cabascango, V. Y. Bazhin. – Direct text // Materials Science and Engineering. – 2020. – № 3. – P. 27-32.
2. Establishment of refined sintering flue gas recirculation patterns for gas pollutant reduction and waste heat recycling / X. Fan, G. Wong, M. Gan, X. Chen. – Direct text. // Journal of Cleaner Production. – 2019. – № 235. – P. 1549-1558.
3. Булгаков, С. В. Повышение экологической безопасности эксплуатации нефтезаводских печей при использовании малоотходных технологий сжигания топлива / С. В. Булгаков, В. Д. Катин. – Текст : электронный // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2019. – № 3. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=37247691> (дата обращения: 9.10.2022).

Научный руководитель: Савченков А. Л., канд. техн. наук, доцент.

ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМЫ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ФИРМЫ BIG DUTCHMAN

Ишутин М. С, Юркин В. В, Андреев Л. Н.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

Очистка и поддержание чистого воздуха в производственных помещениях сельского хозяйства, является одной из самых главных задач современных ферм и инженеров. Поддержание чистого воздуха уменьшает вероятность заболеваний и их распространению как у работников, животных или даже зерновых культур. Подвергаясь их воздействию, предприятие может привести к упадку как качества, так и количества производимой продукции. Также велика вероятность полной остановки производства и уничтожение всей продукции, что может принести колоссальные убытки, простой рабочей силы и принести непоправимый вред здоровью, как работникам, так и ближайшим поселениям.

Система приточной вентиляции *Big Dutchman* отлично показала себя на протяжении многих лет. Стенные клапаны изготовлены из ударопрочной пластмассы, пригодной для вторичной переработки, которая умеет сохранять форму и устойчива к ультрафиолетовому излучению. Изолированная заслонка клапана очень плотно закрывается и удерживается в закрытой позиции с помощью мощных пружин.

Открытие каждой заслонки осуществляется тяговым усилием вниз. Это позволяет осуществлять точное управление открытием клапанов в любое время года, что позволяет экономить на отоплении. Так же регулировочный комплект позволяет делать одновременное или отдельное открытие каждого клапана, что позволяет настроить систему индивидуально под каждое производство. Данная система позволяет простым движением настроить каждый клапан отдельно, возможность выбрать какие клапаны открыть сначала, а какие потом. За счет уменьшения числа приточных отверстий, оставшиеся клапаны могут быть открыты в большей степени в холодное время года либо в отапливаемый сезон, что позволяет достичь стабильного воздушного потока.



Рисунок 1. Стенной клапан универсального применения

Пусть данная система приточной вентиляции является более дорогой по сравнению с другими аналогами, но имеет за собой неоспоримые преимущества:

1. Стабильная подача свежего воздуха при вентиляции на основе разрежения;
2. Индивидуальное открытие клапанов обеспечивает оптимальность воздушных потоков;
3. Мощные натяжные пружины абсолютно плотно закрывают изолированную и недеформированную заслонку клапана;
4. Точное регулирование отверстия клапана за счет мощных натяжных пружин;
5. Стабильное завихрения воздушного потока до середины корпуса и равномерное распределение температур по всему корпусу, что дает низкие расходы на отопление;
6. Применение высококачественных и прочных материалов обеспечивает долгий срок службы клапанов;
7. Очень широкий спектр использования, индивидуальная настройка под каждое производство;
8. Возможность беспрепятственного применение аппарата для чистки под высоким давлением;
9. Использование материалов пригодных для вторичной переработки.

Библиографический список

1. Andreev, L. The purification of the environment from hydrogen sulphide by using wet electro-filter / L. Andreev, V. Yurkin, Y. Basumatorova. – Direct text // Web of Conferences. Innovative Technologies in Environmental Science and Education. – 2019. – № 12. – P. 145-149.
2. Нормов, Д. А. Распределение озоновоздушной смеси в слое зерна / Д. А. Нормов, А. А. Шевченко. – Текст : непосредственный // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. – № 101. – С. 1897-1907.
3. Big Dutchman : [сайт]. – URL : <https://www.bigdutchman.ru> (дата обращения: 08.10.2022). – Текст : электронный.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ВНЕДРЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

*Казанцев Н. К., Молоков А. М., Колесникова Д. А.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург*

В статье мы демонстрируем результаты исследований и анализ зависимостей общих показателей эффективности системы теплоснабжения на

различных уровнях оснащения потребителей автоматизированными индивидуальными тепловыми подстанциями (АИТП).

Принято считать, что система теплоснабжения эффективна, если: нет перерасхода теплоносителя и, что следует, нет перерасхода электрической энергии при его передаче; гидравлический режим работы сетей централизованного теплоснабжения (ЦТ) стабилен; нормативные значения температуры в отапливаемых помещениях поддерживаются в зависимости от их назначения. Исходя из международной практики, установка АИТП на узлах конечных пользователей – одно из ключевых мероприятий, предлагаемых при реализации программ повышения энергоэффективности городов. Однако, чаще всего, при модернизации систем путем установки АИТП учитываются только экономические и энергетические эффекты, влияющие на конечного пользователя (население), и нет полного анализа влияния этих действий на систему ЦТ в целом [1].

Все элементы системы ЦТ связаны гидравлически, в связи с чем всегда существует риск неправильной настройки гидравлического режима ее работы из-за бессистемной эксплуатации оборудования потребителей АИТП, что заметно снижает общую производительность источников тепла и системы в целом, а также оказывает негативное влияние на надежность теплоснабжения. В ходе наших исследований мы получили зависимости количества электрической энергии, затраченной на передачу теплоносителя, и показателей изменения расхода условного топлива на выработку тепловой энергии, путем сравнения фактических значений рабочих параметров, полученных по показателям установленных приборов учета в штатно работающей системе теплоснабжения, с результатами, полученными с помощью математического моделирования работы системы теплоснабжения. Результаты исследования представлены на рис. 1.

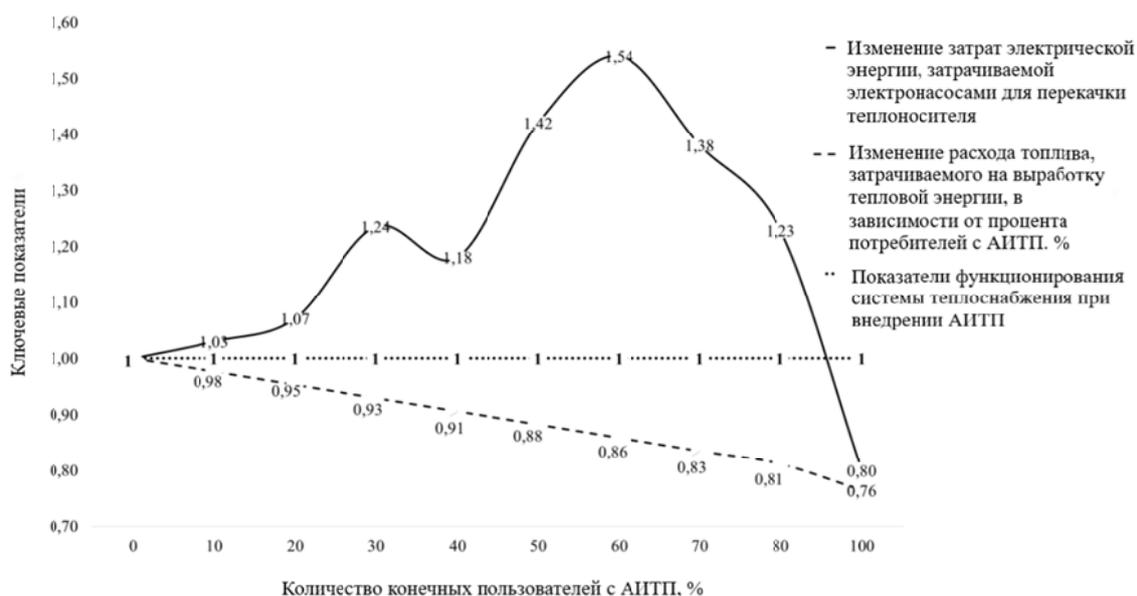


Рисунок 1. График зависимостей, полученных в ходе исследования

В результате исследования определен оптимальный процент потребителей, оснащенных АИТП от общего числа всех потребителей. Установлено, что нет каких-либо существенных изменений в режиме работы системы теплоснабжения, если потребители, оснащенные АИТП, генерируют более 65 % или менее 25 % от общей тепловой нагрузки. Оснащение же потребителей, генерирующих остальную часть общей тепловой нагрузки, приводит к гидравлическим сбоям всей системы, что влечет за собой ряд проблем в сетях теплоснабжения города: повышенные значения температуры воды в обратном трубопроводе; увеличение давления в трубопроводе, и, как следствие, увеличение показателей расхода электроэнергии, требуемой на передачу теплоносителя; недостаточный отвод тепла у потребителя. Тем не менее, за счет снижения тепловой нагрузки потребителей, оснащенных АИТП, по-прежнему наблюдается экономия топлива [2].

В целом, рассматривая систему ЦТ, нами было установлено, что наибольшая эффективность от реализации рассмотренных мероприятий достигается, когда свыше 89 % потребителей оснащены АИТП. На основании данных, которые мы получили в результате исследований, можно спрогнозировать снижение расхода электроэнергии на привод электродвигателей насосов, необходимых для перекачки циркулирующего в системе теплоснабжения теплоносителя, в среднем на 18 %, при условии, что АИТП установлены для каждого потребителя. Показатели изменения требуемой электрической энергии, для передачи теплоносителя, могут регулироваться с учетом особенностей каждой системы и насосного оборудования (тип, марка насосного оборудования и его КПД), установленного в тепловых сетях) [3].

Для конечных пользователей (жилых зданий, общественных мест и коммерческой недвижимости) эффект, полученный после установки АИТП, заключается в достижении стабильного температурного режима в отапливаемых помещениях и регистрации в счетах за коммунальные услуги только потребленного тепла. Годовые показатели потребления тепловой энергии снижаются в среднем на 18 %, что для конечного потребителя отражается в снижении платы за эту услугу. Поскольку оплата за потребление тепла обычно является самой высокой составляющей среди всех коммунальных служб, и в зависимости от того, кто платит за установку АИТП (домовладельцы или ассоциация домовладельцев), счет может быть уменьшен в среднем на 35 % [4].

Полученные результаты направлены на повышение эффекта энергосберегающих мероприятий и могут быть использованы для повышения общей производительности замкнутых систем централизованного теплоснабжения, питаемых одновременно от нескольких источников тепловой энергии, действующих в границах крупного города.

Библиографический список

1. Кассина, Н. В. Математическое моделирование динамики гидравлических сетей / Н. В. Кассина, Л. В. Смирнов. – Текст : непосредственный // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер. Математическое моделирование и оптимальное управление. – 2004. – № 1. – С. 132-138.
2. Звонарева, Ю. Н. Работа системы теплоснабжения при поэтапном внедрении автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов / Ю. Н. Звонарева, Ю. В. Ваньков. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Текст : непосредственный – 2017. – Т. 19, № 1-2. – С. 31-40.
3. Шилкин, М. В. Экономические аспекты внедрения индивидуальных тепловых пунктов / М. В. Шилкин. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2007. – № 3. – С. 12-15.
4. Волосатова, Т. А. Некоторые вопросы энергоэффективности тепловых сетей в разрезе текущего состояния комплекса ЖКХ России / Т. А. Волосатова. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2054(дата обращения: 16.09.2022).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ТВЭЛА РУ РИТМ-200 С АВАРИЙНО-УСТОЙЧИВЫМ ТОПЛИВОМ

Лазарева И. А., Парамонова И. Л.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург*

В настоящее время возросла заинтересованность к атомным станциям малой мощности (АСММ), как к наиболее перспективным энергоисточникам для регионов с электроснабжением децентрализованного типа, причем не только у России, но и во всем мире [1, 2]. Одним из методов повышения запаса безопасности водо-водяных реакторов корпусного типа для АСММ является использование аварийно-устойчивого топлива (АТФ). Применение твэлов с керметным топливом, которое создается на основе дисперсионной смеси UO_2 и Mo в качестве матрицы, и оболочкой из стали 42ХНМ исключают парциркуниевую реакцию, характерную для аварий с ухудшением теплоотвода при использовании циркониевых сплавов в качестве оболочек [3]. Основное достоинство такого топлива состоит в том, что коэффициент теплопроводности керметного топлива значительно выше, чем у двуокиси урана. Однако замена традиционного керамического топлива из двуокиси урана на АТФ керметное топливо требует обоснования и, в том числе, необходима оценка тем-

пературного состояния твэла как при нормальных условиях эксплуатации, так и при авариях [4]. Целью исследования стало моделирование температурного состояния твэла РУ РИТМ-200 с аварийно-устойчивым топливом с помощью программы ANSYS. Было проведено сравнение таблетки из керметного топлива UO_2 -Mo, имеющую микроячеистую (microcell) структуру, с таблеткой дисперсированной формой (dispersed) частиц молибдена.

По результатам расчетов распределения температур в таблетке (рис.1) хочется отметить, что температура в центре топливной таблетки ниже для UO_2 -10%Mo таблеток из микроячеек.

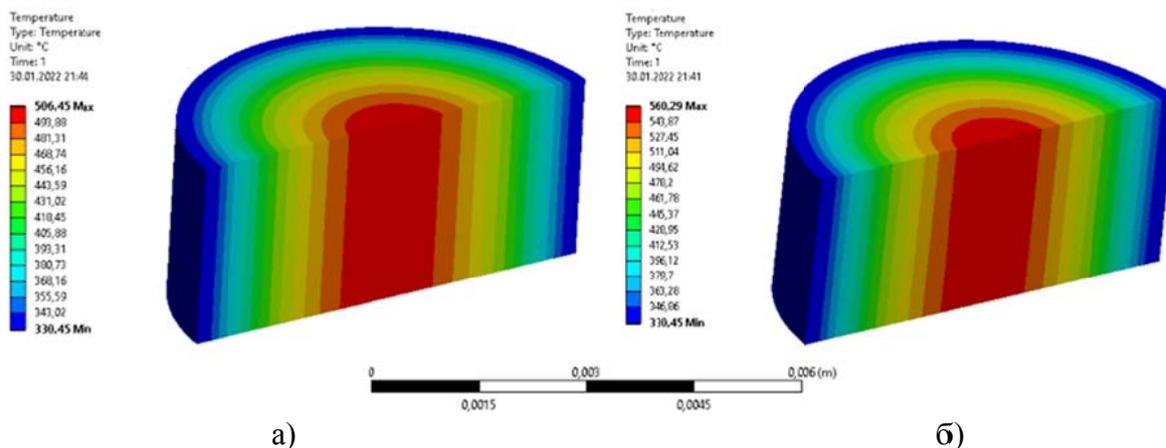


Рисунок 1. Распределение температуры внутри твэла с: а – microshell; б – dispersed

Таким образом, применение керметного топлива позволяет повысить безопасность работы реакторной установки, тем самым еще раз доказав перспективность его использования.

Библиографический список

1. Реакторные установки разработки ОАО «ОКБМ Африканотов» для атомных станций малой и средней мощности / В. В. Петрунин, Ю. П. Фадеев, Л. В. Гуреева, С. Е. Скородумов. – Текст : непосредственный // Атомная энергия. – 2011. – Т. 111, вып. 5. – С. 285-289.
2. Реакторная установка РИТМ-200 нового поколения для перспективного атомного ледокола / А. Н. Похомов, В. И. Полуничев, К. Б. Вишняков, С. В. Кабин. – Текст : непосредственный // Атомная энергия. – 2012. – Т. 113, вып. 6. – С. 285-289.
3. Сплав 42ХНМ и карбид кремния как материал оболочек твэлов, устойчивых к авариям / Л. А. Карпюк, В. В. Новиков, Г. В. Кулаков [и др.]. – Текст : непосредственный // Атомная энергия. – 2021. – Т. 4, № 130. – С. 211-215.
4. Топливо нового поколения безопасности. – Текст : электронный // ROSATOM : официальный сайт. – URL : <https://www.rosatom->

centralasia.com/journalist/smi-about-industry/toplivo-novogo-pokoleniya-bezopasnosti/ (дата обращения : 09.10.2022).

Научный руководитель: Парамонова И. Л., доцент Высшей школы Атомной и Тепловой энергетики СПбПУ Петра Великого.

АСПЕКТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Митина В. С.¹, Лизунова Е. Д.²

¹Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень; ²Российский университет транспорта (МИИТ) г. Москва

Повышение промышленной безопасности - одна из важнейших целей, поставленных перед отечественными производственными предприятиями в современных условиях экономических условиях. Эффективность действий по решению поставленных задач осуществляется посредством адаптации и модернизации принципов производственной системы вообще и отдельных ее элементов в частности. Производство железобетонных изделий (ЖБИ) – ключевой сектор современной российской промышленности, обеспечивающий строительную сферу огромным ассортиментом необходимой продукции. Предприятия по производству ЖБИ выполняют широкий спектр технико-технологических операций и процессов, одной из них самых трудоемких является перемещение и транспортировка различных объектов – от компонентов для производства ЖБИ, (песок, щебень, арматура, формовочные элементы и др.), до готовой продукции (плиты перекрытия, сваи, бортовые камни и т. д.). На сегодняшний день, в условиях курса, взятого на импортозамещение, возрастающие объемы производства ЖБИ требуют применение достаточно большого количества грузоподъемных и транспортных машин и механизмов, что, в свою очередь, неизбежно приводит и к увеличению аварийных ситуаций на предприятиях, связанных с производством железобетонных изделий. В связи с этим, имеет место повышенный исследовательский интерес к состоянию системы промышленной безопасности на указанных производственных объектах.

Отечественными исследователями, проводившими анализ аварий и катастроф, произошедших на предприятиях-производителях ЖБИ, подтверждено, что фактическим маркером состояния системы промышленной безопасности предприятия является число аварийных случаев и нештатных ситуаций на производственном объекте. Федеральный закон № 116-ФЗ прямо указывает, что машины и механизмы (ГПММ) для перемещения грузов являются опасными производственными объектами, исходя из этого, регулятивная деятельность производится таким контролирующим госу-

дарственным органом, как Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. В соответствии с данными отчетов Росстандарта структура подъемно-транспортной составляющей заводов по производству ЖБИ включает в себя большей частью грузоподъемные краны и лифто-подъемные механизмы (рисунок 1). В течение последнего временного периода в 4 года (2017-2021) по данным Ростехнадзора существенно повысилось число ГПММ в отечественном производственном секторе, в том числе и на предприятиях по производству ЖБИ (рисунок 2).

Спецификой того или иного вида ГПММ является процесс подъема и (или) переноса определенных объектов в соответствии с требуемыми производственными задачами. Использование подъемных машин и механизмов даже в рамках жестких регламентов несет в себе опасность возникновения нештатных ситуаций и аварийных случаев. Что подвергает опасности не только сотрудников предприятия по производству ЖБИ, но и лиц, не имеющих отношения к производству, а также окружающую среду.

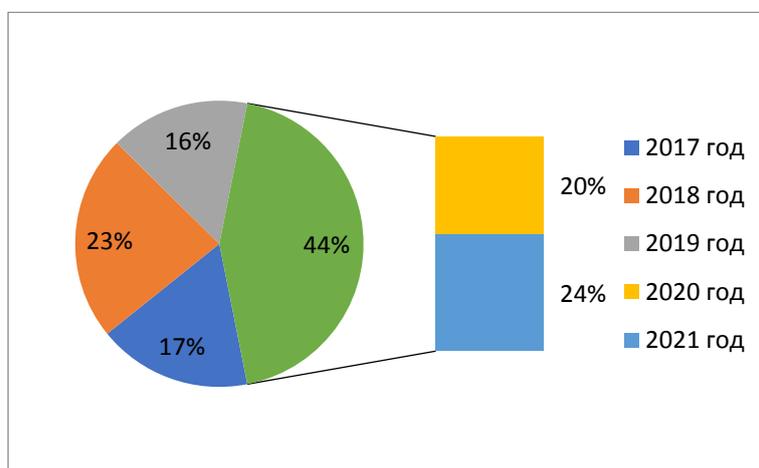


Рисунок 1. Структура ГПММ заводов по производству ЖБИ

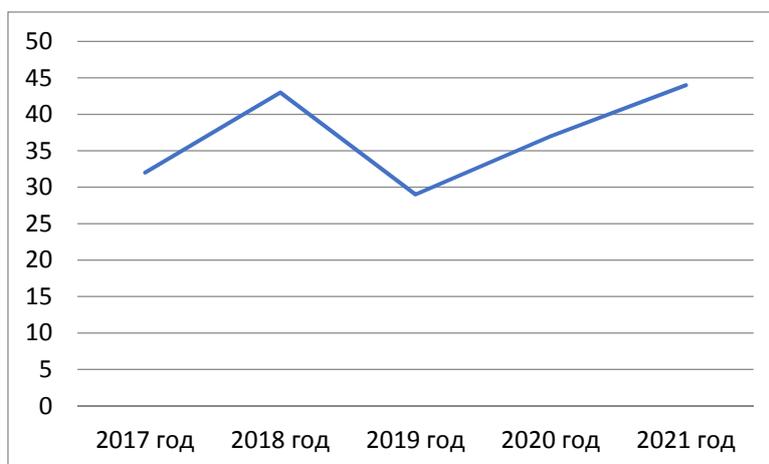


Рисунок 2. Увеличение количества ГПММ

В соответствии с аналитическими данными Росстандарта вероятность возникновения нештатных ситуаций и аварийных случаев на подконтрольных предприятиях по производству ЖБИ находится на достаточно высоком уровне, в сравнении с другими производственными организациями. Необходимо выделить то обстоятельство, что, например в 2020 году произошли 17 несчастных случаев с летальным исходом, и основная часть данных ЧС (более 80 %) связана с подъемом грузов на определенную высоту. Помимо этого, количество нештатных ситуаций и аварийных случаев в общем не имеет тенденции к снижению. В течение 2020 года из 37 нештатных и аварийных ситуаций 17 возникли во время использования ГПММ.

По результатам анализа нештатных ситуаций и аварийных случаев, проведенного российскими исследователями в секторе ГПММ можно сказать, что около 70 % чрезвычайных ситуаций при производстве ЖБИ возникают по причине плачевного состояния силовых деталей и узлов ГПММ, а также средств, отвечающих за безопасную работу. Сложившаяся ситуация связана с долговременной эксплуатацией ГПММ и их повышенным износом. Более того, большинство производственных мощностей предприятий-производителей ЖБИ находятся на грани окончания срока эксплуатации [1]. Кроме вышесказанного, одной из причин повышенной аварийности ГПММ является сложность конструкции ГПММ (в частности грузоподъемных кранов, лифтовых подъемников) и их регулярное перемещение с одной производственной точки на другую требует разборных операций, что также негативно сказывается на надежности ГПММ. Указанные проблемы, существенно влияющие на промышленную безопасность производства ЖБИ, усиливаются тем, что достаточное количество ГПММ допускается к работе с серьезными функциональными недостатками, проявляющиеся в основном в ответственных деталях и узлах ГПММ. На примере грузоподъемных кранов можно отметить такие проблемные места, как несущая конструкция с большим количеством сварных точек, а также грузоподъемный инструмент – лебедка или таль [2]. Обнаружение даже единственного функционального недостатка в ГПММ приводит к отстранению его комиссией по экспертизе промышленной безопасности от дальнейшей работы. Игнорирование вышеуказанных проблем, касающихся промышленной безопасности при использовании ГПММ в производстве ЖБИ часто является причиной серьезных аварий, что подтверждается фактическими случаями. Работа с ГПММ на таких сложных производствах, как выпуск ЖБИ подразумевает качественную подготовку работников не только в их непосредственных профессиональных обязанностях, но и в области промышленной безопасности.

Библиографический список

1. Пермяков, В. Н. Анализ технического состояния технологического оборудования опасных производственных объектов / В. Н. Пермяков, Н. А. Махутов, С. Н. Сидельников. – Текст : электронный // Проблемы без-

опасности и чрезвычайных ситуаций. – 2015. – № 4. – С.45-55. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24115338> (дата обращения: 06.09.2022).

2. Пермяков, В. Н. Расчет строп для грузоподъемных работ: учебно-методическое пособие / В. Н. Пермяков, С. В. Александров, М. В. Омельчук. – Тюмень : ТИУ, 2015. – 34 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Пермяков В. Н., д. техн. наук, профессор.

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖБИ В СВЕТЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Михайлова М. Н.¹, Митина В. С.¹, Лизунова Е. Д.²

¹Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень; ²Российский университет транспорта (МИИТ) г. Москва

Производство железобетонных (ЖБИ) изделий для различных отраслей народного хозяйства РФ несет в себе определенные риски, которые характеризуют опасные производственные объекты. Нештатные ситуации, аварии на предприятиях производящих ЖБИ часто влекут за собой повреждения производственной инфраструктуры, выбросы в окружающую среду технологических материалов, серьезные пожары, сопровождаемые травматизацией и даже гибелью людей. Федеральный закон ФЗ № 116 («О промышленной безопасности опасных производственных объектов») закрепил положение о том, что с целью уменьшения количества потенциальных штатных ситуаций на производствах данного вида необходимо наличие структуры управления промышленной безопасностью. Одной из главных целей данной системы выделены: определение, исследование, вероятностная составляющая возможности возникновения штатных ситуаций, в том числе выявление средств для их минимизации. Существует множество концепции решения указанной проблемы, которые объединены общим фундаментом – актуальными результатами анализа функционального состояния производственных мощностей и перспективах его использования в будущем. Данный анализ производится с использованием соответствующих способов технического исследования, современной электронно-вычислительной техники (программного обеспечения) для выявления точек с повышенным конструктивным напряжением и перспективах использования данных мощностей в будущем, в соответствующих эксплуатационных условиях. Результаты проведенных исследований говорят о том, что особое воздействие на эксплуатационные характеристики на производственное оборудование организаций, выпускающих ЖБИ оказывают динамические и статические нагрузки, имеющие длительное воздействие. Большинство заводов по производству ЖБИ и применяемое на них оборудование эксплуатируется, не учитывая длительные динамические и ста-

тические нагрузки, а также при определении срока эксплуатации берутся в расчет только напряжение малого цикла, касающиеся только стандартных технологических операций. Однако, серьезное воздействие на ресурсные показатели данных производственных мощностей производят скрытые показатели, которые часто упускаются при первичных расчетах. В качестве примера может выступать такое оборудование, как пневмонагнетатели, растворонасосы, которые эксплуатируются с повышенным вибрационным воздействием. В особенности данная проблема касается растворонасосов СО-49М, ВПП, УВН, бетононасосов СБ-161, которые работают с многофакторными жидкостями (рисунок 1) [1]. Проектировщиками конструкций данного вида достаточно часто не берет в расчет все многообразие колебательных нагрузок, а исследование резонансной составляющей зачастую совсем игнорируется. В итоге, в процессе функционирования рассматриваемое оборудование испытывает серьезное влияние неучтенных нагрузок, протяженность во времени которых в совокупности с другими негативными эксплуатационно-производственными особенностями может привести к усталостному разрушению определенных деталей механизмов, их узлов. Рассмотренные выше деструктивные явления очень часто являются источниками нештатных ситуаций и аварий при производстве ЖБИ.

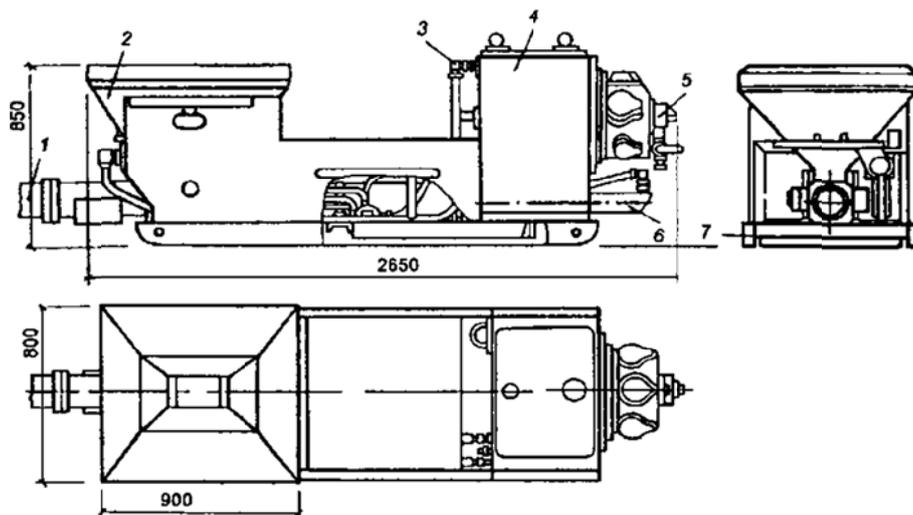


Рисунок 1. Бетононасос СБ-161: 1 – бетоновод; 2 – бункер; 3 – гидросистема; 4 – гидропривод; 5 – кран; 6 – рабочий цилиндр; 7 – рама

Исходя из вышесказанного, можно предположить, что на сегодняшний день в отечественном производстве ЖБИ имеет место проблема применения единой общей оценки функционального состояния оборудования, работающего с динамическими нагрузками длительное время. Суть данной проблемы заключается в том, что используемые сегодня способы контроля не дают возможности в полной мере в процессе проектирования выявить все показатели динамического и статического продолжительного воздействия. Наличие указанных данных дало бы возможность заблаговременно

использовать способы для локального усиления нагруженных узлов и конструкции оборудования вообще, что повлечет за собой снижение нештатных ситуаций и аварий при производстве ЖБИ.

Методология повышения сопротивляемости динамическим нагрузкам оборудования для производства ЖБИ включает в себя два направления:

1. Проектировочные методы, подразумевающие соответствующие технические решения, которые дают возможность оборудованию выдерживать всю полноту негативного динамического воздействия.

2. Эксплуатационные методы, предполагающие снижение динамических нагрузок в процессе эксплуатации оборудования.

Специфика производства ЖБИ накладывает свой отпечаток на практическое применение указанных групп методов, что подразумевает использование методов, которые помогают настраивать исходную конструкцию оборудования с целью регулирования его производственных характеристик. Рассматриваемые особенности в том числе, включают в себя механические резонансы, появляющиеся при корреляции частот динамического возбуждения (f_d) и частот самой системы (f_k). Данное положение можно представить в виде [2]:

$$\frac{f_d}{f_k} \leq 0,8, \text{ а также } \frac{f_d}{f_k} \geq 1,25. \quad (1)$$

Исходя из этого корректировка прочностных показателей рассматриваемого оборудования во время его функционирования производится посредством настройки локального компонования агрегатов, его узлов, изменения условий базирования оборудования. Корректирование показателей демпфирования конструкции производится путем внедрения в конструкцию агрегата дополнительных элементов, понижающих вибрационные факторы. Таким образом, сегодня существуют определенные проблемы при проектировании оборудования для производства ЖБИ и производственно-функциональной действительностью. Существование нагрузок, которые не учитываются при проектировании, является причиной того, что даже протестированное оборудование, получившее положительные оценки, в короткий промежуток времени теряет свои эксплуатационные характеристики.

Библиографический список

1. Мониторинг технологических процессов и производств : учебно-методическое пособие / В. Н. Пермяков, В. Л. Мартынович, М. В. Омельчук [и др.]. – Тюмень : ТИУ, 2020. – 219 с. – Текст : непосредственный.

2. Пермяков, В. Н. Совершенствование методов диагностики предельных состояний конструкций/ В. Н. Пермяков, Д. В. Гордеев. – Текст : электронный // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2015. – № 4. – С. 45-55. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24115338> (дата обращения: 19.09.2022).

Научный руководитель: Пермяков В. Н., д. техн. наук, профессор.

УЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ЕМКОСТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ДВУХЦЕПНОЙ ЛЭП С ГРОЗОТРОСОМ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОМП

Панова Е. А.^{1,2}, Новиков И. В.¹, Сабирова Р. Р.¹

¹Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск; ²Тюменский индустриальный университет (филиал в г. Тобольске), г. Тобольск

Решение задачи дистанционного определения места повреждения при однофазном коротком замыкании для увеличения точности расчетов требует применения математической модели ЛЭП, которая должна учитывать различные параметры воздушной линии электропередачи, а также такие явления как электромагнитное и электростатическое взаимодействие ее проводящих элементов, а также фактическое расположение проводящих элементов линии на опоре, которое может значительно отличаться от усредненного для данного класса напряжения.

Для того, чтобы учесть влияние грозозащитного троса на емкость воздушной ЛЭП необходимо дополнить модель линии электропередачи его зеркальным изображением.

Для определения собственных и взаимных потенциальных коэффициентов использованы известные выражения [1]:

$$\alpha_{ii} = 41,4 \cdot 10^6 \cdot \lg \frac{S_{ii}}{\rho_{\pi}}; \quad (1)$$

$$\alpha_{ij} = 41,4 \cdot 10^6 \cdot \lg \frac{S_{ij}}{D_{ij}}; \quad (2)$$

где S_{ii} – расстояние между проводом (тросом) и его зеркальным изображением, м; S_{ij} – расстояние между проводом одной фазы (тросом) и его зеркальным изображением провода другой фазы, м; ρ_{π} – действительный радиус провода фазы, м; D_{ij} – расстояние между проводниками фаз либо тросами, м.

За основу исходной матрицы потенциальных коэффициентов брались данные [2] и [3], в результате матрица была дополнена элементами, описывающими взаимодействие фазных проводов и троса, а также собственную емкость троса относительно земли:

$$\alpha_{iT} = (\dot{\alpha}_{AT} \quad \dot{\alpha}_{BT} \quad \dot{\alpha}_{CT} \quad \dot{\alpha}_{aT} \quad \dot{\alpha}_{bT} \quad \dot{\alpha}_{cT}). \quad (3)$$

$$\alpha_{ij} = \begin{pmatrix} \dot{\alpha}_{AA} & \dot{\alpha}_{BA} & \dot{\alpha}_{CA} & \dot{\alpha}_{aA} & \dot{\alpha}_{bA} & \dot{\alpha}_{cA} \\ \dot{\alpha}_{AB} & \dot{\alpha}_{BB} & \dot{\alpha}_{CB} & \dot{\alpha}_{aB} & \dot{\alpha}_{bB} & \dot{\alpha}_{cB} \\ \dot{\alpha}_{AC} & \dot{\alpha}_{BC} & \dot{\alpha}_{CC} & \dot{\alpha}_{aC} & \dot{\alpha}_{bC} & \dot{\alpha}_{cC} \\ \dot{\alpha}_{Aa} & \dot{\alpha}_{Ba} & \dot{\alpha}_{Ca} & \dot{\alpha}_{aa} & \dot{\alpha}_{ba} & \dot{\alpha}_{ca} \\ \dot{\alpha}_{Ab} & \dot{\alpha}_{Bb} & \dot{\alpha}_{Cb} & \dot{\alpha}_{ab} & \dot{\alpha}_{bb} & \dot{\alpha}_{cb} \\ \dot{\alpha}_{Ac} & \dot{\alpha}_{Bc} & \dot{\alpha}_{Cc} & \dot{\alpha}_{ac} & \dot{\alpha}_{bc} & \dot{\alpha}_{cc} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

$$\alpha_{Tj} = \begin{pmatrix} \dot{\alpha}_{TA} \\ \dot{\alpha}_{TB} \\ \dot{\alpha}_{TC} \\ \dot{\alpha}_{Ta} \\ \dot{\alpha}_{Tb} \\ \dot{\alpha}_{Tc} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Для определения потенциальных коэффициентов прямой, обратной и нулевой последовательности воспользуемся формулой:

$$\dot{\alpha}_s = \dot{s}^{-1} \left(\dot{\alpha}_{ij} - \alpha_{Tj} \cdot \frac{1}{\alpha_{TT}} \cdot \dot{\alpha}_{iT} \right) \dot{s}. \quad (6)$$

В результате произведенных расчетов, потенциальный коэффициент прямой и обратной последовательности для двухцепной ЛЭП с грозозащитным тросом для первой и второй цепи рассчитывается по формуле (на примере первой цепи):

$$\begin{aligned} \dot{\alpha}_{1.I} = & \frac{1}{3} \left(\dot{\alpha}_{AA} + \dot{\alpha}_{BB} + \dot{\alpha}_{CC} - \frac{\dot{\alpha}_{CT}\dot{\alpha}_{TC} + \dot{\alpha}_{BT}\dot{\alpha}_{TB} + \dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{TA}}{\dot{\alpha}_{TT}} + \right. \\ & + a \left(\dot{\alpha}_{AB} + \dot{\alpha}_{AC} + \dot{\alpha}_{BC} - \frac{\dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{TB} + \dot{\alpha}_{TA}\dot{\alpha}_{CT} + \dot{\alpha}_{BT}\dot{\alpha}_{TC}}{\dot{\alpha}_{TT}} \right) + \\ & \left. + a^2 \left(\dot{\alpha}_{BC} + \dot{\alpha}_{AC} + \dot{\alpha}_{AB} - \frac{\dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{TC} + \dot{\alpha}_{TB}\dot{\alpha}_{CT} + \dot{\alpha}_{TA}\dot{\alpha}_{BT}}{\dot{\alpha}_{TT}} \right) \right). \quad (7) \end{aligned}$$

Потенциальный коэффициент нулевой последовательности первой цепи:

$$\begin{aligned} \dot{\alpha}_{0.I} = & \\ = & \frac{1}{3} \left(\dot{\alpha}_{AA} + \dot{\alpha}_{AB} + \dot{\alpha}_{AC} + \dot{\alpha}_{BA} + \dot{\alpha}_{BB} + \dot{\alpha}_{BC} + \dot{\alpha}_{CA} + \dot{\alpha}_{CB} + \dot{\alpha}_{CC} - \frac{A}{\dot{\alpha}_{TT}} \right); \quad (8) \end{aligned}$$

где $A = \dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{TA} + \dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{TB} + \dot{\alpha}_{TA}\dot{\alpha}_{BT} + \dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{TC} + \dot{\alpha}_{TA}\dot{\alpha}_{CT} + \dot{\alpha}_{BT}\dot{\alpha}_{TB} + \dot{\alpha}_{BT}\dot{\alpha}_{TC} + \dot{\alpha}_{TB}\dot{\alpha}_{CT} + \dot{\alpha}_{CT}\dot{\alpha}_{TC}$.

Потенциальный коэффициент взаимной индукции прямой, обратной и нулевой последовательности между первой и второй цепью:

$$\begin{aligned} \dot{\alpha}_{1.II} = & \frac{1}{3} \left(\dot{\alpha}_{Aa} + \dot{\alpha}_{Bb} + \dot{\alpha}_{Cc} - \frac{\dot{\alpha}_{CT}\dot{\alpha}_{Tc} + \dot{\alpha}_{BT}\dot{\alpha}_{Tb} + \dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{Ta}}{\dot{\alpha}_{TT}} + \right. \\ & + a \left(\dot{\alpha}_{Ca} + \dot{\alpha}_{Ab} + \dot{\alpha}_{Bc} - \frac{\dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{Tb} + \dot{\alpha}_{Ta}\dot{\alpha}_{CT} + \dot{\alpha}_{BT}\dot{\alpha}_{Tc}}{\dot{\alpha}_{TT}} \right) + \\ & \left. + a^2 \left(\dot{\alpha}_{Ac} + \dot{\alpha}_{Ba} + \dot{\alpha}_{Cb} - \frac{\dot{\alpha}_{Tb}\dot{\alpha}_{CT} + \dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{Tc} + \dot{\alpha}_{Ta}\dot{\alpha}_{BT}}{\dot{\alpha}_{TT}} \right) \right). \quad (9) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{\alpha}_{0.II} = & \\ = & \frac{1}{3} \left(\dot{\alpha}_{Aa} + \dot{\alpha}_{Ab} + \dot{\alpha}_{Ac} + \dot{\alpha}_{Ba} + \dot{\alpha}_{Bb} + \dot{\alpha}_{Bc} + \dot{\alpha}_{Ca} + \dot{\alpha}_{Cb} + \dot{\alpha}_{Cc} - \left(\frac{B}{\dot{\alpha}_{TT}} \right) \right); \quad (10) \end{aligned}$$

где $B = \dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{Ta} + \dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{Tb} + \dot{\alpha}_{AT}\dot{\alpha}_{Tc} + \dot{\alpha}_{BT}\dot{\alpha}_{Ta} + \dot{\alpha}_{BT}\dot{\alpha}_{Tb} + \dot{\alpha}_{BT}\dot{\alpha}_{Tc} +$
 $+ \dot{\alpha}_{CT}\dot{\alpha}_{Ta} + \dot{\alpha}_{CT}\dot{\alpha}_{Tb} + \dot{\alpha}_{CT}\dot{\alpha}_{Tc}$.

В связи с повышением точности нахождения удельных электрических параметров линии электропередачи, а именно поперечной ёмкости, повышается точность определения места повреждения, и как следствие уменьшается время поиска повреждения при однофазных КЗ, и как следствие повышает надежность электроснабжения.

Библиографический список

1. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 11. Расчет токов короткого замыкания для релейной защиты и системной автоматики в сетях 110-750 кВ. – Москва : Энергия, 1979. – 152 с. – Текст: непосредственный.

2. Панова, Е. А. Уточненные удельные электрические параметры двухцепных ЛЭП 110 кВ для дистанционного определения места / Е. А. Панова, А. Я. Альбрехт. – DOI 10.18503/2311-8318-2016-4(33)-35-40. – Текст : непосредственный // Электротехнические системы и комплексы. 2016. – № 4(33). – С. 35-40.

3. Панова, Е. А. Учет поперечной емкостной проводимости двухцепной ЛЭП при дистанционном определении места повреждения / Е. А. Панова. – Текст : непосредственный // Фёдоровские чтения – 2021: 51 международная научно-практическая конференция с элементами научной школы, Москва, 17-19 ноября 2021 года. – Москва : МЭИ, 2021. – С. 163-168.

Научный руководитель: Панова Е. А., канд. техн. наук, доцент.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ СТАЛИ 40Х ПРИ ШЛИФОВАНИИ ПО ПАРАМЕТРАМ ЕЁ ТВЕРДОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ

Полтавец В. В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

Одной из принципиальных особенностей процесса абразивной обработки является специфичный по сравнению с другими видами резания механизм образования стружки, который состоит из двух последовательных этапов: формирование и отделение. Этот механизм с точки зрения его физической основы представляет собой элементарный акт разрушения обрабатываемого материала, который следует рассматривать с позиций определённой концепции прочности (механической или термофлуктуационной). Во всех концепциях критерии разрушения имеют энергетический характер, что определяет исходную роль термодинамического анализа [1].

Механическая концепция прочности рассматривает разрушение как мгновенный акт. В качестве критерия разрушения материала используется

«величина предельной прочности как усилия, превышение которого ведёт к разделению тела на части» [1].

Термофлуктуационная концепция основывается на температурно-временной зависимости разрушающего усилия и рассматривает разрушение «как процесс постепенного разрыва межатомных связей» [1]. Такая концепция требует знания большого количества микрофизических параметров обрабатываемых материалов, вследствие чего до настоящего времени она не нашла широкого практического применения.

Таким образом, в основу расчёта силовых и энергетических характеристик процесса шлифования положена механическая концепция прочности, в которой оба этапа образования стружки неразрывно связаны. Этап пластического деформирования материала должен обязательно завершиться разрушением, которое может носить различный характер. Стружкообразование при этом представляет собой локализованное разрушение, строго направленное по плоскостям сдвига. Такое разрушение наступает тогда, когда запас пластичности деформированного объёма материала исчерпан, что соответствует превышению его предела прочности.

Соответственно, знание предела прочности шлифуемого материала является принципиально важным для моделирования процесса обработки и расчёта его энергосиловых характеристик. При этом отметим, что сопротивление материала деформированию при шлифовании существенно отличается от данных, полученных стандартными методами испытаний.

Определим предел прочности при шлифовании широко распространённой в машиностроении стали 40Х, которая нашла применение при производстве разнообразных деталей повышенной прочности [2].

Для изготовления изделий из стали 40Х применяются следующие заготовки [2]:

- сортовой прокат (ГОСТ 4543-71);
- поковки (ГОСТ 8479-70);
- трубы (ГОСТ 8733-74).

Пределы прочности при разрыве для этих видов заготовок, указанные в марочниках материалов [2], приведены в таблице 1.

Таблица 1

Пределы прочности стали 40Х в состоянии поставки и при обработке шлифованием

Вид поставки	Предел прочности при разрыве σ_b , МПа	
	Состояние поставки [2]	Расчётное значение для шлифования при шероховатости Ra 0,32 мкм
Сортовой прокат по ГОСТ 5949-75 после закалки	980	810
Поковки по ГОСТ 8479-70 после закалки	655	
Трубы по ГОСТ 8733-74 в термически обработанном состоянии	618	

Для определения предела прочности стали 40X в процессе шлифования воспользуемся линейными зависимостями предела прочности от твердости, которые получены на основе табличных данных, обработанных методами статистической обработки. Корреляция зависимостей составляет более 99 % [3].

$$\sigma_b = a + b \cdot HB, \quad (1)$$

где HB – твердость по Бринеллю, кгс/мм²; a, b – эмпирические коэффициенты, соответственно, МПа, МПа/(кгс/мм²).

В частности, для хромистых сталей значения коэффициентов в зависимости (1): a = 0,5675 МПа, b = 3,492 МПа/(кгс/мм²) [3].

Данные о распределении микротвердости стали 40X по глубине поверхностного слоя после шлифования, полученные методом наклонных шлифов поверхностного слоя на приборе ПМТ-3, приведены в работе [4]. Представленные значения микротвердости определены как среднеарифметический размер отпечатков для каждого слоя (4-6 слоев по мере удаления от края образца из стали 40X) на пяти образцах [4].

Микротвердость из работы [4] переведем в твердость по шкале Виккерса по известной формуле [5]:

$$HV = (0,7...0,8) \cdot H, \quad (2)$$

где H – микротвердость в аналогичных единицах измерения.

Рассчитанное по формуле (2) значение твердости по Виккерсу для стали 40X после шлифования образца на глубине 4-6 мкм составило HV = 233 кгс/мм².

Воспользовавшись известными из справочной литературы соотношениями между значениями твердости по разным шкалам [6], определим твердость поверхностного слоя заготовок из стали 40X после шлифования по шкале Бринелля: HB = 232 кгс/мм².

Подставив полученные значения твердости в формулу (1), рассчитаем предел прочности при разрыве для обработки шлифованием различных видов заготовок из стали 40X и занесем полученное значение в табл. 1. Сравнив значения пределов прочности, видим, что предел прочности стали 40X при шлифовании на 17 % ниже, чем для сортового проката после закалки, и на 25-30 % выше, чем для поковок и трубных заготовок после их термической обработки.

Полученные данные позволяют точнее рассчитывать полезную работу шлифования заготовок из стали 40X и являются одной из предпосылок для дальнейших действий по снижению энергоёмкости процесса.

Библиографический список

1. Островский, В. И. Теоретические основы процесса шлифования / В. И. Островский. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. – 144 с. – Текст: непосредственный.

2. Сталь 40X - конструкционная низколегированная. – Текст : электронный. // AzbukaMetalla. Марочник. Стали конструкционные. Стали низколегированные: [сайт]. – URL: <https://azbukametalla.ru/marochnik/stali-konstruktsionnye/stali-nizkolegированные/stal-40h.html> (дата обращения: 15.10.2022).

3. Грушко, А. В. Определение параметров кривой течения материала по его твердости / А. В. Грушко. – Текст: непосредственный // Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск: ДГМА, 2010. – С. 83-87.

4. Петренко, А. П. Технологическая наследственность и её зависимость от распределения характеристик поверхностного слоя некоторых сталей и сплавов при точении и шлифовании / А. П. Петренко. – Текст : непосредственный // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – № 8. – С. 25-30.

5. Григорович, В. К. Твердость и микротвердость металлов / В. К. Григорович. – Маука : Наука, 1976. – 230 с. – Текст : непосредственный.

6. Перевод твердости HRC, HRA, HRB, HB, HV, HSD (по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу и Шору). – Текст: электронный // Extxe.com. Современные Технологии Производства: [сайт]. – URL: <https://extxe.com/21134/perevod-tverdosti-po-brinellju-rokvellu-vickersu-i-shoru/> (дата обращения: 15.10.2022).

АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОСЦИЛЛЯТОРА НЕФИКСИРОВАННОЙ ЧАСТОТЫ

Попов И. П.

Курганский государственный университет, г. Курган

Допущения. К инертным элементам внешние силы не приложены. Масса соединительного элемента равна нулю. Потери на трение отсутствуют.

Взаимно ортогональные перемещения инертных элементов имеют вид:

$$x_1 = l \cos \varphi, \quad (1)$$

$$x_2 = l \cos \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right). \quad (2)$$

Текущая фаза φ наилучшим образом подходит на роль обобщенной координаты.

Рассматриваемая механическая система обладает одной степенью свободы, поэтому, соответственно, уравнение Лагранжа второго рода принимает следующую форму:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q.$$

Так как активные силы равны нулю, то обобщенная сила тоже равна нулю

$$Q = 0.$$

Суммарная кинетическая энергия системы равна

$$T = \frac{m}{2} \left(\frac{dx_1}{dt} \right)^2 + \frac{m}{2} \left(\frac{dx_2}{dt} \right)^2 = \frac{ml^2}{2} \sin^2 \varphi \dot{\varphi}^2 + \frac{ml^2}{2} \cos^2 \varphi \dot{\varphi}^2 = \frac{ml^2}{2} \dot{\varphi}^2.$$

Отсюда следует

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0,$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = ml^2 \dot{\varphi},$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = ml^2 \ddot{\varphi} = 0.$$

Это дифференциальное уравнение имеет элементарное решение

$$\frac{d\varphi}{dt} = C_1,$$

$$\varphi = C_1 t + C_2.$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся с учетом начальных условий

$$\varphi(0) = \varphi_0,$$

$$\frac{d\varphi}{dt}(0) = \omega_0. \quad (3)$$

Отсюда следует

$$C_1 = \omega_0,$$

$$C_2 = \varphi_0.$$

С учетом установленных величин перемещения инертных элементов (1) и (2) приобретают вид:

$$x_1 = l \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (4)$$

$$x_2 = l \cos\left(\frac{\pi}{2} - \omega_0 t - \varphi_0\right). \quad (5)$$

Если исходное положение первого инертного элемента равно

$$x_1(0) = x_{10},$$

то

$$\cos \varphi_0 = \frac{x_{10}}{l},$$

$$\varphi_0 = \arccos \frac{x_{10}}{l} = \arcsin \frac{x_{20}}{l}.$$

Если исходная скорость второго инертного элемента равна

$$\frac{dx_2}{dt}(0) = v_{20},$$

то

$$l\omega_0 \cos(\omega_0 0 + \varphi_0) = v_{20},$$

$$\omega_0 = \frac{v_{20}}{x_{10}} = -\frac{v_{10}}{x_{20}}. \quad (6)$$

С учетом полученных выражений перемещения инертных элементов и их скорости можно записать в виде:

$$x_1 = l \cos\left(\frac{v_{20}}{x_{10}}t + \arccos\frac{x_{10}}{l}\right), \quad (7)$$

$$x_2 = l \cos\left(\frac{\pi}{2} + \frac{v_{10}}{x_{20}}t - \arcsin\frac{x_{20}}{l}\right), \quad (8)$$

$$v_1 = l \frac{v_{10}}{x_{20}} \sin\left(-\frac{v_{10}}{x_{20}}t + \arcsin\frac{x_{10}}{l}\right),$$

$$v_2 = l \frac{v_{20}}{x_{10}} \cos\left(\frac{v_{20}}{x_{10}}t - \arccos\frac{x_{20}}{l}\right).$$

В монореактивном ($m-m$) гармоническом осцилляторе инертные элементы могут совершать свободные синусоидальные колебания, которые сопровождаются трансформацией кинетической энергии инертного элемента в кинетическую же энергию другого инертного элемента [1-7].

В положении, при котором $\varphi = 0$ энергия первого инертного элемента равна нулю. При этом энергия второго элемента имеет максимальное значение. В следующий момент времени первый элемент приобретает ускорение за счет кинетической энергии второго элемента, скорость которого начинает уменьшаться.

В соответствии с выражениями (3)-(8) в монореактивном ($m-m$) гармоническом осцилляторе могут возникать свободные гармонические колебания любой заданной частоты, которая определяется исключительно начальными условиями.

Библиографический список

1. Попов, И. П. Теория мультиинертного осциллятора / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2020. – № 1. – С. 88-91.
2. Попов, И. П. Автобалансировка вибрационных машин / И. П. Попов, С. Ю. Кубарева. – Текст : непосредственный // Вестник

Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2018. – Т. 16, № 3. – С. 140-144.

3. Попов, И. П. Теоретические предпосылки создания мультиинертного осциллятора / И. П. Попов. – Текст: непосредственный // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2020. – № 1(145). – С. 15-19.

4. Попов, И. П. Мультиинертный колебательный механизм / И. П. Попов. – DOI: 10.33979/2073-7408-2020-340-2-19-25. – Текст : непосредственный // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2020. – № 2 (340). – С. 19-25.

5. Попов, И. П. Математическое моделирование мультиинертного колебательного механизма / И. П. Попов. – DOI: 10.14529/engin200103. – Текст : непосредственный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 22-29.

6. Попов, И. П. Самобалансировка виброприводов машин для просеивания муки и сахара / И. П. Попов, С. Ю. Кубарева. – DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.04.014. – Текст : непосредственный // Ползуновский вестник. – 2018. – № 4. – С. 68-72.

7. Попов, И. П. Мультиинертный осциллятор / И. П. Попов. – DOI: 10.17072/1993-0550-2020-1-60-64. – Текст: непосредственный // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – 2020. – № 1(48). – С. 60-64.

СИНТЕЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОСЦИЛЛЯТОРА НЕФИКСИРОВАННОЙ ЧАСТОТЫ

Попов И. П.

Курганский государственный университет, г. Курган

Для сообщения инертному телу периодических возвратно-поступательных движений требуется затрата соответствующим образом изменяющейся энергии. Это обусловлено тем, что тело обменивается энергией с приводом.

Целью работы является создание осциллятора, элементы которого обменивались бы энергией между собой, а не с приводом.

В классических осцилляторах свободные синусоидальные колебания сопровождаются обменом энергии между его элементами, имеющими противоположный характер реактивности [1-3].

В пружинном маятнике потенциальная энергия упругого элемента трансформируется в кинетическую энергию инертного элемента и обратно. Эти элементы имеют противоположный характер реактивности.

В электрическом колебательном контуре энергия магнитного поля катушки трансформируется в энергию электрического поля конденсатора и обратно. Эти элементы тоже имеют противоположный характер реактивности.

Известны осцилляторы, в которых свободные синусоидальные колебания сопровождаются трансформацией кинетической энергии инертного элемента или потенциальной энергии упругого элемента в энергию магнитного поля катушки или энергию электрического поля конденсатора и обратно [4-6].

Все указанные колебательные системы по существу являются *биреактивными*, а именно: $m-k$, $L-C$, $m-L$, $m-C$, $k-L$, $k-C$.

Свободные синусоидальные колебания могут возникать при взаимной трансформации каких угодно физических видов энергии [7].

Это обстоятельство является побудительным мотивом создания осциллятора, в котором свободные синусоидальные колебания сопровождаются трансформацией кинетической энергии инертного элемента в кинетическую же энергию другого инертного элемента. Элементы с другим характером реактивности в таком осцилляторе отсутствуют.

Такой осциллятор по существу является *монореактивным*, а именно: $m-m$.

Актуальность исследования обусловлена тем, что механические колебания широко распространены в разнообразных технологических процессах [8-10].

Синтез осциллятора производится на основе трех предпосылок.

Первое. Осциллятор состоит из двух одинаковых по массе грузов.

Второе. Грузы совершают синусоидальные перемещения

$$x_1 = A \sin(\zeta + \zeta_1),$$

$$x_2 = A \sin(\zeta + \zeta_2).$$

Здесь x_1, x_2 – перемещения инертных элементов, A – амплитуда, ζ – изменяющаяся фаза колебаний, ζ_1, ζ_2 – начальные фазы колебаний.

Третье. Суммарная энергия осциллятора со временем не изменяется

$$W_1 + W_2 = const.$$

Из второй и третьей предпосылок следует

$$\frac{m}{2} \left(\frac{dx_1}{dt} \right)^2 + \frac{m}{2} \left(\frac{dx_2}{dt} \right)^2 = const,$$

$$\cos^2(\zeta + \zeta_1) + \cos^2(\zeta + \zeta_2) = const.$$

Из второго выражения следует, что

$$\zeta_1 + \zeta_2 = \pm \frac{\pi}{2}.$$

Эта формула дает возможность определить конфигурацию монореактивного гармонического осциллятора, которая представлена на рисунке 1.

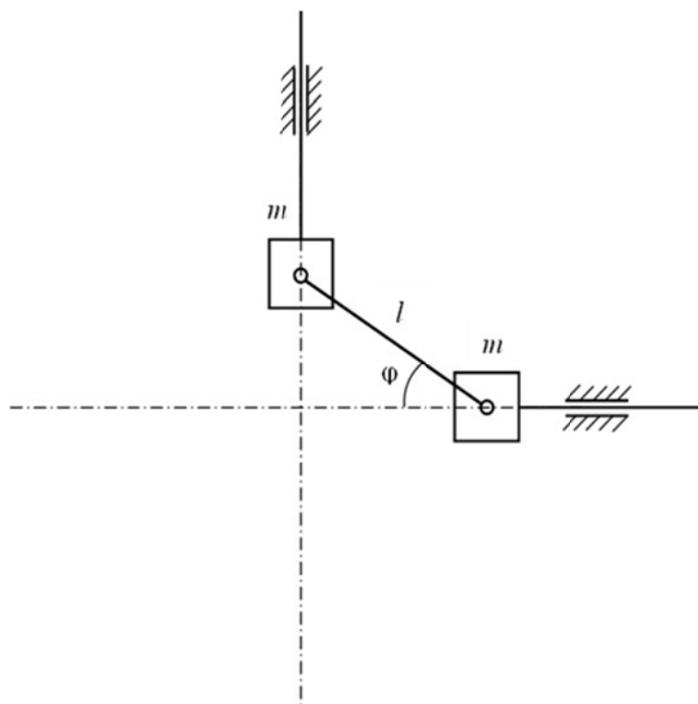


Рисунок 1. Монореактивный гармонический осциллятор

Библиографический список

1. Попов, И. П. Реактансы и сассептансы механических систем / И. П. Попов. – DOI 10.17223/19988621/70/6. – Текст: непосредственный // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2021. – № 70. – С. 64-75.

2. Попов, И. П. Символическое представление вынужденных колебаний разветвленных механических систем / И. П. Попов. – DOI 10.17223/19988621/72/10. – Текст: непосредственный // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2021. – № 72. – С. 118-130.

3. Попов, И. П. Антирезонанс – резонанс скоростей / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2019. – Т 20, № 6. – С. 362-366.

4. Попов, И. П. Инертно-индуктивный осциллятор / И. П. Попов, Ф. Н. Сарапулов, С. Ф. Сарапулов. – Текст: непосредственный // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 2(29), вып. 8. – С. 80-81.

5. Спонтанные емкостно-инертные колебания в системах железнодорожной автоматики и телемеханики / И. П. Попов, Д. Н. Парышев, А. В. Ильтяков [и др.]. – DOI: 10.20291/1815-9400-2019-

2-45-48. – Текст: непосредственный // Транспорт Урала. – 2019. – № 2(61). – С. 45-48.

6. Попов, И. П. Спонтанные упруго-емкостные колебания в системах автоматики / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Вестник Морского государственного университета им. адмирала Г.И. Невельского. Серия: Автоматическое управление, математическое моделирование и информационные технологии. – 2017. – Вып. 78. – С. 93-97.

7. Попов, И. П. Электромагнитное устройство для ориентирования космических аппаратов / И. П. Попов. – Doi: 10.26732/j.st.2022.2.06. – Текст: непосредственный // Космические аппараты и технологии. – 2022. – Т. 6, № 2 (40). – С. 119-122.

8. Попов, И. П. Применение символического (комплексного) метода для исследования окolorезонансных явлений / И. П. Попов. – Текст: непосредственный // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2020. – № 4. – С. 145-153.

9. Попов, И. П. Источники гармонических силы и скорости в мехатронных автоматических системах / И. П. Попов. – Текст: непосредственный // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2021. – Т.22, № 4. – С. 208-216.

10. Попов, И. П. О резонансе и антирезонансе / И. П. Попов. – Текст: непосредственный // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2019. – № 4. – С. 45-48.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАСТРОЕК АРВ НА ПРОТЕКАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА С НИЗКОЧАСТОТНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

Радько П. П.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск*

Введение и постановка проблемы. На протекание переходного процесса, во время которого наблюдаются низкочастотные колебания [1], влияет работа средств автоматического регулирования, вид и тяжесть возмущения, а также топология сети.

Наиболее результативным способом снизить уязвимость системы перед возникновением низкочастотных колебаний является оптимизация настроек именно средств автоматического регулирования, в частности, устройств автоматического регулирования возбуждения (АРВ). Исследованию влияния настройки АРВ на протекание переходного процесса и посвящена данная работа.

Связь НЧК с работой АРВ. В случае появления небаланса по реактивной мощности в сети будет наблюдаться изменение напряжения на узлах. Это связано с изменением реактивного тока, из-за которого изменяет-

ся величина и/или знак потери напряжения. В любом случае, для регулирования вырабатываемой реактивной мощности и поддержания напряжения на выводах генератора в необходимом диапазоне применяются устройства автоматического регулирования возбуждения. Причиной возникновения полноценного переходного процесса, во время которого будут присутствовать низкочастотные колебания, является реакция нагрузки на изменение напряжения (статическая характеристика реактивной нагрузки по напряжению), из-за которой данная автоматика будет подавать сигналы на изменение тока возбуждения некоторый промежуток времени до достижения нового установившегося режима с балансом реактивной мощности. Также длительность процесса будет увеличиваться за счет комплексного действия множества средств автоматического регулирования возбуждения, установленных на ближайших к месту возмущения генераторах.

Результаты экспериментов. В процессе исследования были проведены опыты наброса нагрузки 30 МВт и 20 Мвар в дефицитный энергорайон Мамаканской ГЭС с использованием ПК EUROSTAG. Осциллограмма, окрашенная на рисунке 1 синим цветом, показывает изменение активной мощности генератора MGES1 с установленными на данный момент настройками АРВ. Осциллограмма красного цвета – график изменения мощности генератора с настройками АРВ, подобранными специально для исследуемого режима. Осциллограмма зеленого цвета – график изменения мощности при использовании принципиально другого АРВ (в первых двух опытах это АРВ-SIMOREG, в третьем – AVR-2M). Значения коэффициентов АРВ всех экспериментов приведены в таблице 1.

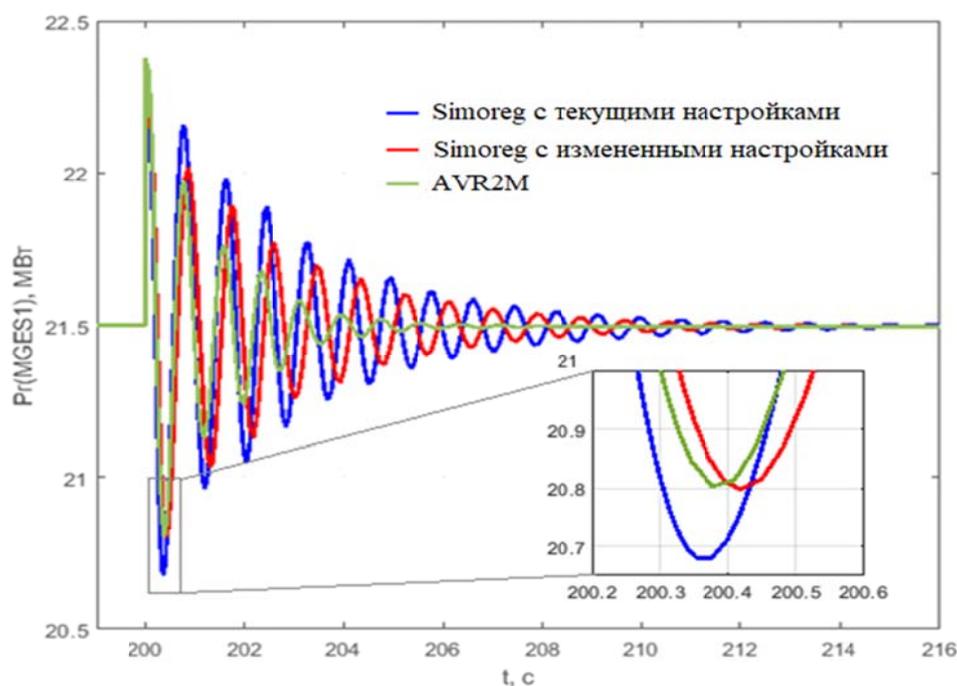


Рисунок 1. Осциллограммы активной мощности генератора MGES1 с набросом нагрузки 30 МВт и 20 до и после принятых мер для улучшения демпфирования НЧК

Уже после визуального анализа рисунка 1 можно сделать выводы, что после изменения настроек APB-SIMOREG колебательный процесс стал демпфироваться лучше. А при использовании автоматики AVR-2M, также предварительно настроенной под исследуемую систему, установившийся режим достигается уже после 8-ми секунд после наброса нагрузки. Таким образом, в рассматриваемом режиме исследуемые меры по улучшению демпфирования действительно улучшили способность генераторов быстро переходить к новому установившемуся режиму.

Таблица 1

Параметры автоматик APB-SIMOREG и AVR2M

Коэффициент	Значение		
	Текущие параметры APB-SIMOREG	Измененные параметры APB-SIMOREG	AVR2M
K_{0F}	2	0	0
K_{0U}	3	7	20
K_{1F}	1,25	0	4
K_{1U}	1,8	0,9	3
K_{2F}	2	1,5	5
T_F	0,2	0,2	0,2
T_{INT}	2	2	2

Более того, согласно [2] первоначальные колебания не соответствовали нормативным требованиям, однако после предпринятых мер длительность переходного процесса, а также амплитуда первых колебаний сократились, благодаря чему наблюдаемые переходные процессы стали приемлемыми.

Библиографический список

1. Оценка участия синхронного генератора в демпфировании низкочастотных колебаний по данным синхронизированных векторных измерений / А. С. Бердин, А. С. Герасимов, Ю. П. Захаров [и др.] – Текст : непосредственный // Вестник ЮУрГУ. Серия Энергетика. – 2013 – Т. 13, № 2. – С. 62-68.
2. Методические указания по осуществлению диспетчерскими центрами АО «СО ЕЭС» оценки параметров настройки автоматических регуляторов возбуждения сильного действия синхронных генераторов на цифровой модели энергосистемы: приложение 1 к распоряжению

АО «СО ЕЭС» от 19 августа 2019 г. № 94р. – Москва: СО ЕЭС, 2019. – 29 с. – Текст : электронный.

Научный руководитель: Рубан Н. Ю., канд. техн. наук, доцент.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА-ОЗОНАТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Ржепко В. В.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

Современные этапы развития производства радикально меняют природную среду, а масштабы антропогенного воздействия стали сопоставимы с действием глобальных природных процессов. Экологическая ситуация, состояние питания и здоровье населения являются ведущими факторами, определяющими уровень стратегической безопасности любого государства.

На предприятиях по производству и переработке животноводческой продукции необходимо организовать и провести четкую систему ветеринарно-санитарных мероприятий. Отсутствие организованных ветеринарных служб для фермерских хозяйств негативно сказывается на ритме работы, производительности труда, а также препятствует производству продукции высокого санитарного качества. Возникновение различных заболеваний, особенно инфекционного характера, может привести к нарушению ритма производства и большим экономическим потерям. Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных, поэтому необходимо следить за состоянием и контролировать степень загрязнения воздуха в условиях интенсификации животноводства.

На данный момент снижение показателей вредного воздействия на воздух животноводческого комплекса до рекомендуемых показателей осуществляется с помощью механической принудительной приточно-вытяжной вентиляции. В то же время огромное количество воздушного бассейна комплексов постоянно выбрасывается в воздушные бассейны различных загрязняющих веществ. Кроме того, отработанный воздух выделяет огромное количество тепла в окружающую среду. Потери можно снизить, используя вентиляционные системы с теплообменником, но из-за недостатков низкой эффективности, быстрого ухудшения эксплуатационных характеристик в процессе эксплуатации они не получили широкого применения в сельском хозяйстве.

Разработка стала прототипом производства новых электростатических насосов. Потенциал противоположных знаков от постоянного электротока подается на пластинчатый листовой электрод, который, как правило, называется термином «осаждение», собранный в отдельные ячейки, и размещаемый между ними размещены металлические сетчатые нити. Величина напряжения между сеткой и пластинами в бытовых приборах составляет определенное количество киловольт.

Материалы и методы. Под воздействием высокого напряжения образуется сильное электрическое поле и поверхностный коронный разряд, вытекающий из нитей (коронных электродов). Это приводит к ионизации воздуха, прилегающего к электродам, с выделением анионов (+) и катионов (-), создается ионный ток.

Ионы с отрицательным зарядом под действием электростатического поля перемещаются к осадительным электродам, одновременно заряжая встречные примеси. На эти заряды воздействуют электростатические силы, которые создают скопление пыли на осадительных электродах. Таким образом, воздух, проходящий через фильтр, очищается. Когда фильтр работает, слой пыли на его электродах постоянно увеличивается. Его необходимо периодически удалять. Для бытовых конструкций эта операция выполняется вручную. На мощных производственных установках осадительные и коронные электроды механически встряхиваются для направления загрязняющих веществ в специальный бункер, откуда они отбираются для утилизации.

Для создания высоковольтного коронного разряда используются стандартные трансформаторы с выпрямителями, работающие от сети промышленной частоты, или специальные высокочастотные устройства в несколько десятков килогерц. Их работа осуществляется микропроцессорными системами управления [1]. Загрязненный воздух подается вентиляторами через электроды с приложенным к ним напряжением около 5 киловольт. Микробы, клещи, вирусы и бактерии погибают в потоке воздуха, а частицы примесей, заряжаясь, летят к электродам для сбора пыли и оседают на них. В то же время воздух ионизируется и выделяется озон. Классифицируется как самый сильный природный окислитель, уничтожает все живые организмы внутри кондиционера.

Полезная модель относится к птицеводству, а именно к системам рециркуляции для очистки и озонирования атмосферы в животноводческих помещениях. Использование этого электрофильтра озонатора позволяет повышать эффективность и снизить энергозатраты технологического процесса животноводства и пищевых комплексов благодаря высокоэффективному очистке рециркуляционного воздуха, а также одновременному насыщению озоном [2, 3].

Полезная модель относится к птицеводству, в частности к рециркуляционным системам очистки и озонирования воздуха в животноводческих и птицеводческих помещениях.

Цель изобретения – повысить эффективность и снизить энергозатраты технологического процесса животноводства и пищевых комплексов с помощью высокоэффективных очисток рециркуляционного воздуха, а также одновременное насыщение озоном [4].

Вывод. Действие озонатора электрофильтра основано на разряде корон. Очищенный воздух, проходящий между коронными и осадительными электродами, проникает в коронный разряд, внешний участок которого находится отрицательными ионами, создающими униполярное объемное зарядное пространство в межэлектродном пространстве. Если твердая или жидкая частица находится во внешнем короне разряда, занимающем преобладающее положение межэлектродного пространства, ионы объемного заряда, находящегося на поверхности этой частицы, сообщают о избыточном электрическом заряде, т. е. частицы заряжаются. Далее при силе электрического поля зарядные частицы перемещаются в направлении перпендикулярного потока и осаждаются на оси, при этом из чистого воздуха высвобождаются пыль и микроэлементы. В свою очередь, озон, образующийся при коронном разряде, окисляет вредные компоненты газа и различные микроорганизмы. Далее воздух, очищенный от пыли, микроорганизмов и вредных компонентов, подается в животноводческое помещение [5].

Библиографический список

1. Повышение продуктивности и энергоэффективности животноводческих предприятий за счет использования системы рециркуляции вентиляционного воздуха с его очисткой и обеззараживанием / В. В. Юркин, В. В. Волков, Б. В. Жеребцов, Л. Н. Андреев. – Текст : непосредственный // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2013. – № 2 (21). – С. 87-91.

2. Пейль, А. К. Применение солнечного концентратора для получения тепловой и электрической энергии в условиях климата города Тюмени / А. К. Пейль, Б. В. Жеребцов, В. А. Шахов. – Текст : непосредственный // Современные научно-практические решения в АПК : Всерос. науч.-практ. конф. март 2018 г. – Тюмень, 2000. – С. 317-320.

3. Андреев, Л. Н. Эффективность применения систем частичной рециркуляции воздуха в свиноводческих помещениях / Л. Н. Андреев, Е. А. Басуматорова. – Текст : непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 5 (85). – С. 140-144.

4. Андреев, Л. Н. Особенности конструкций электрофильтра-озонатора в АПК / Л. Н. Андреев, Е. А. Басуматорова. – Текст : непосредственный // Молодежь и инновации: Всерос. науч.-практ. конф. апр. 2000 г. – Тюмень, 2019. – С. 279-283.

Научный руководитель: Басуматорова Екатерина Анатольевна, преподаватель.

МЕТАН: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Савельев Я. В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

С 2001 года в Российской Федерации ведется разработка метана угольных пластов в Кемеровской области [1]. Был построен научный полигон и ведутся экспериментальные работы для создания инновационных решений для добычи метана из угольных пластов. Метан является попутным полезным ископаемым или углеводородным газом, который извлечен из угольных пластов посредством бурения скважин. Россия обладает большим количеством угольных месторождений, которые имеют большие объемы попутного углеводородного газа, который служит причиной большинства аварий при добыче угля их шахт. Для избегания взрывов метана и одновременного его использования как альтернативного источника энергии и получения дополнительного дохода авторы проводят исследования.

Кузнецкий угольный бассейн не случайно выбран экспериментальной площадкой для изучения вопроса добычи углеводородного газа (метана) в промышленных масштабах, так как здесь сосредоточены более 15 % от общих запасов метана угольных пластов на территории Российской Федерации. Таким образом, необходимо было исследовать следующие факторы: объем запасов природного газа на Нарыкско-Осташинской площади до 0,918 трлн. м³; горизонты/глубины/количество продуктивных групп; горизонты (Р_{3gr}) грамотеинской свиты с рабочей угленосностью составляет от 6,1-13 %; залегания залежи (100-160м–565м-600м-1800м).

Объемы добываемого газа (метана) на Нарыкско-Осташкинской площади постоянно растут. Например, в 2010 году добывалось 6 млн м³, а в 2016 году уже 17 млн. м³.

С 2020-2021 года успешно закончено строительство 2-х разведочных скважин № 366Р и №431Р на данной площади.

Цель бурения разведочных скважин:

- ✓ выполнения комплекса керновых и геофизических исследований;
- ✓ осуществление опытной эксплуатации экспериментальных скважин.

Нарыкско-Осташкинское метаноугольное месторождение – находится недалеко 75 км от г. Новокузнецка в Прокопьевском районе Кемеровской области.

Достоверность оценки запасов природного газа на Нарыкско-Осташкинском метаноугольном месторождении в большой степени зависит от качества керна, одним из основных требований к которому является характеристика угольных пластов. В процессе проведения работ при строительстве скважин особое внимание уделялось поднятому на поверхность керна-угля и его сохранности.

Современные технологии отбора керн – это комплекс различных технологических мероприятий [2, 3] связанных с организацией работ по отбору (подбор оптимальных режимов для достижения, с целью максимального выноса керн- уголь) и подъему керн, организации работ на поверхности, проведение анализа по определению открытой пористости и объёмной плотности по гелию газоволюметрическим способом, изучение микроструктуры образцов, определения прочностных характеристик горных пород при одноосном сжатии и обеспечению безопасной транспортировки керн в г. Кемерово.

Проходка за рейс составляла по 2 метра из каждого пропластка сдвоенного угольного по мощности пласта, представленного (уголь, углистый аргиллит, V-VI категория по твердости). На каждой скважине отбиралось по 8 метров керн. Суммарная проходка по угольному пласту составила 4100 метров по данным авторов.

При выполнении работ при отборе керн применялась изолирующая технология, которая позволяет получить керн, который по своим параметрам является аналогом керн, полученного в скважине, и поднятого на поверхность. Это обеспечивает повышение информативности поднятого керн и достоверности петрофизических данных за счет увеличения выноса, представительности, сохранности и адекватности кернового материала.

- Скважина 431 Р – пробурено 7,2 м, вынос составил 6,9 м или 96 %
- Скважина 366 Р – пробурено 8,0 м, вынос составил 8,0 м или 100 %.

Из опыта отбора в 2012 году на Нарыкско-Осташкинском метаноугольном месторождении

1. Скважина № 28 из 12 пластов по 2 метра пробурено 24,6 м, вынос составил 16,2 или 66 %

2. Скважина РН-20 из 10 пластов пробурено 13,7 м вынос составил 12,5 или 91,2 %

3. Скважина РН№30-Н из 9 пластов пробурено 18 м, вынос составил 16,8 м или 94 %

Лабораторный анализ исследования метана с поднятого керн со скважины приведен в таблице 1. Получен уголь черного цвета, полуматовый, с прожилками блестящего, текстура полосчатая, трещиноватый, хрупкий, в виде мелочи; размер кусочков: 4.5x1.5x3.5; 4.5x1.5x3.5; 4.5x3x1.

В ходе работ над строительством скважин осуществлялся круглосуточный мониторинг. По результатам работы применялись корректировка интервалов отбора керн. Все работы проводила компания ООО «Газпром недра».

Дегазация угольных пластов непосредственно перед промышленной добычей угля является фактором, обеспечивающим безопасность дальнейших технологических процессов. Уменьшается себестоимость

основного производства за счет использования альтернативного источника энергии в виде метана.

Таблица 1

Лабораторный анализ керна

Выход керна		Состояние керна после дегазации	Вес угля, г	Вес породы, г.	Общий вес пробы, г	Тех. анализ угля			Действ. Плотность, г/см ³ ГОСТ 2160	Газовая зона	
м	%					W ^a , %	A ^a , %	V ^{daf} , %		ОСТ 41-01-276	
0,27	67	сухой	580	0	580	-	-	-	-	Метано-азотная	
						0,6	4,8	15,8	1,37		
Вес горючей массы, г	Общий объем горючих газов, см ³	Метаносность пробы		Метаносность пробы с коэф. 1.25	Объем CO ₂ см ³	Содержание CO ₂		Пластометрия			
		см ³	см ³ /г г.с.б.м			м ³ /т.с.б.м.	см ³ /г	см ³ /г г.с.б.м.	ГОСТ 1186		
				Хар-ка королька					х, мм	у, мм	
548,7	656,5	1,13	1,20	1,5	147,5	0,25	0,27	спек. не сплавл.			
								5	6		

Библиографический список

1. Савельев, Я. В. Особенности бурения горизонтальных скважин на палеозойский фундамент и Кв на месторождениях Томской области / Я. В. Савельев, С. Н. Шедь. – Текст : непосредственный // Технологические решения строительства скважин на месторождениях со сложными геолого-технологическими условиями их разработки. – Тюмень, 2022. – С. 488-491.
2. Савельева, Н. Н. Машины и оборудование для бурения, добычи, подготовки и транспорта нефти и газа: учебное пособие / Н. Н. Савельева, С. Н. Шедь. – Тюмень, 2021. – 131 с. – Текст : непосредственный.
3. Савельева, Н. Н. Совершенствование технологии отбора керна в глубоких скважинах / Н. Н. Савельева, С. Н. Шедь. – Текст : непосредственный // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 10 (124). – С. 8-11.
4. Шедь, С. Н. Применение керноотборного оборудования для палеозойского фундамента на месторождениях Томской области / С. Н. Шедь, Н. Н. Савельева. – Текст : непосредственный // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 9 (111). – С. 122-127.

Научный руководитель: Савельева Н. Н, канд. пед. наук, доцент.

ОПРЕДЕЛИТ ЛИ ЛИТИЙ ЧЕТВЁРТУЮ ИНДУСТРИАЛЬНУЮ РЕВОЛЮЦИЮ?

Тельных Е. О.

*Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики,
г. Санкт-Петербург*

Четвёртая индустриальная революция включает в себя множество аспектов, среди них и развитие нейросетей, роботов, дронов, возникновение цифровой экономики и много другое. Её главным идеологом в обществе считают Клауса Шваба. Однако не он один рассматривает особенности и сущность нового промышленного переворота. Отечественные учёные уделяют внимание разным её аспектам. Так исследователи Высшей Школы Экономики обращают внимание на важность развития Цифровой экономики и её части – Мобильной [1]. Энергетики и философы указывают на эволюцию самого понятия энергии, смены парадигмы в её восприятии[2].

Особое внимание заслуживают исследования В. Ф. Байнаева, который подошел к пониманию эволюции энергии как одного из основных факторов производства, отмечая её важность в четвёртой индустриальной революции. В. Ф. Байнаев отмечает, что энергия является не просто способом получения тех или иных материальных ценностей, но сама является производителем [3]. Информация это и есть энергия, что справедливо как для понимания человеческого мыслительного процесса, так и для работы искусственных вычислительных систем. В. Ф. Байнаев называет такую энергию «интеллектуальной». Такое восприятие меняет наше отношение к понятию энергии в целом. Для всех видов человеческой деятельности в современном мире требуется энергия. Она может быть использована как для получения первичных материальных благ: тепло, свет, вода, так и для реализации потребностей человека в общении, развлечениях, самореализации. Кроме того, современная промышленная революция напрямую зависит от мобильных устройств, которые воплощают «интеллектуальную» энергию. Так, в рамках хозяйственной деятельности активно использует гаджеты, к которым предъявляются такие требования как: мобильность, портативность, доступ к интеллектуальным сетям. Получается, что гаджеты влияют на развитие таких сегментов цифровой экономики, как электронная коммерция, цифровой контент, автономные транспортные средства – это и доказывает нашу идею о зависимости промышленной революции от мобильных устройств.

Обращает на себя внимание тот факт, что устройства в своей работе используют источники энергии, во-первых, малых мощностей, а, во-вторых, эти источники энергии мобильны. Здесь лидерами стали литий-

ионные аккумуляторы. Они, в отличие, скажем, от свинцово-кислотных батарей более доступны по цене, позволяют в несколько раз быстрее накапливать и отдавать энергию, а ресурс заряда-разряда у них один из самых высоких. За изобретение литий-ионного аккумулятора в 2019 году даже была вручена Нобелевская премия [4]. Главным ресурсным компонентом этого накопителя энергии является литий. Спрос на литий за последние двадцать лет сильно вырос [5]. Это связано с увеличением продаж различных мобильных устройств и, главным образом, электромобилей. При этом современные правительства развитых стран пытаются перейти к нулевой углеродной энергетике, что связано с соглашениями в борьбе с глобальным потеплением, с уменьшением выбросов парниковых газов в атмосферу. Для реализации программ Киотского и Парижского соглашений в развитых странах стали развивать строительство электростанций, которые получают энергию из возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ): энергия ветра, солнца, воды. Однако эти ВИЭ имеют по сравнению с традиционными большой минус – получаемая от них энергия не всегда постоянна. Как видно из исследований по ветроэлектростанциям на Камчатке – производство энергии имеет пиковые значения [6]: они колеблются в зависимости от времени года или годовых климатических циклов, энергия не всегда тратится в пиковые периоды. Чтобы накапливать энергию в пиковые моменты, а потом тратить её по мере надобности требуются системы ее сохранения.

К пониманию экономии энергии современное общество только начало подходить. Особенно остро встал вопрос после энергетического кризиса в Европе 2021-2022 года, когда ВИЭ не смогли выработать достаточное количество энергии в холодное время года. Хотя сейчас уже существуют большие аккумуляторы, которые способны сохранять энергию в течение часа, но их мощности недостаточны для постоянного равномерного использования ВИЭ в соответствии с сезонными колебаниями. Например, в Австралии была введена литий-ионная батарея в эксплуатацию в 2017 году на 100 мегаватт [7]. Она позволяет обеспечить энергией до 30 тыс. домов только в течение одного часа. Пока данные показатели невелики, но Илоном Маском было анонсировано производство аккумуляторов, исчисляемые триллионами ватт в час [8]. Их производство должно начаться в ближайшее время. Использование таких систем хранения позволит сохранять энергию в период наибольшей производительности ВИЭ и потом использовать её по назначению.

Подводя итог вышесказанному, мы можем утверждать, что энергия является одним из основных факторов производства. В сознании общества меняется само восприятие энергии: энергия не только тратится в момент производства, но она может теперь быть накоплена и использована по назначению. В качестве накопителей энергии используют аккумуля-

муляторы, в состав которых входит литий. Важную роль в четвертой индустриальной революции играют мобильные устройства, связанные с инновациями и уровнем развития цифровой экономики. Для их функционирования необходимы также литий-ионные батареи. Таким образом, литий играет важную роль как при переходе к ВИЭ, так и в развитии цифровой экономики и «интеллектуальных» гаджетов, которые являются главным физическим воплощением четвертой индустриальной революции. Отсюда мы видим основания, по которым литий может «совершить» новый промышленный переворот.

Библиографический список

1. Мобильная экономика: влияние мобильных приложений на национальную экономику, производительность труда и рынок занятости : исследование / К. Казарян, М. Сайкина, С. Розмирович, Д. Медовников. – Москва, 2020. – URL: <https://imi.hse.ru/data/2020/04/03/1555974783/e-cosystem-mobile-200324.pdf?ysclid=17nbn7dqdb187848361> (дата обращения: 02.09.2022). – Текст: электронный.

2. Кучеров, В. Г. Генезис нефти и природного газа: конкуренция парадигм / В. Г. Кучеров, И. А. Герасимова – Текст: непосредственный // Вопросы философии. – 2019. – № 12. – С. 106-117.

3. Байнев, В. Ф. Энергия как фактор производства и движущая сила индустриализации / В. Ф. Байнаев. – Текст : непосредственный // Экономическая наука сегодня. – 2019. – № 10. – С. 26-40.

4. Трунина, А. Нобелевку по химии дали за разработку литий-ионных аккумуляторов / А. Трунина. – Текст : электронный // РБК. – 09.10. 2019. – URL: <https://www.rbc.ru/society/09/10/2019/5d9d993e9a794714751366d2> (дата обращения: 31.08.2022)

5. Пяткова, И. А. Литий: переработка, утилизация / И. А. Пяткова, М. В. Клюкман. – Текст: непосредственный // Молодые ученые России. Сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза, 2021. – С. 8-11.

6. Нефедова, Л. В. Ветроэнергетический потенциал изолированных районов камчатки / Л. В. Нефедова, С. В. Киселёва. – Текст: непосредственный // Энергетическая политика. – 2022. – № 7. – С. 80-89.

7. Альбертян, А. П. Развитие минерально-сырьевого комплекса как повышение геополитического статуса России / А. П. Альбертян. – Текст: непосредственный // Мировая политика. – 2022. – № 1. – С. 48-58.

8. Rowlatt, J. How Elon Musk aims to revolutionise battery technology / J. Rowlatt. – Text: electronic // BBC. – URL: <https://www.bbc.com/news/business-53067009> (дата обращения :14.07.2022).

ПРИМЕНЕНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Тюсов Д. Е.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

Целью данной статьи является изучение и особенности драгоценных металлов и их особенностей применения в электронике в различных отраслях промышленности и производстве и сравнение их отличительных свойств.

Драгоценные металлы используются в электронике с целью улучшения устройств, однако у драгоценных металлов существуют свои характерные особенности. Различные сплавы увеличивают прочность элементов, уменьшают изнашивание поверхности, точность измерения и надежность изготовленных устройств.

Из-за их электрической и теплопроводности металлы применяются в проводах и кабелях для различных целей, также за счет прочности и твердости металлы применяются в строительстве и для изготовления различных конструкций. Золото используется для создания неокисляющих контактов [1].

Рассмотрим их применение и отличительные особенности:

- Серебро. Применяется во многих радиодеталях – диодах, транзисторах и т. д.) Обладает наилучшими показателями по электрической проводимости и теплопроводности. По этой причине серебро применяется в проводниках для отражения света и из него изготавливается посуда и декорации.

- Золото. По сравнению с серебром его проводимость меньше, однако прочность к коррозии и взаимодействию с кислородом самая большая. Золото обширно применялось в радиолампах. Главная функция напыления золотом - сохранение от влияния кислородом. В таком случае, сплав никогда не окисляется, и раскрытая поверхность всегда будет в хорошем состоянии, не вступая в реакцию с отражающими использованными материалами.

- Платина. Применяется в различных радиоэлектронных составляющих - конденсаторах, транзисторах, диодах, резисторах. Современная высокоточная электроника, попросту невозможна без платины. Тугоплавкий, обладающий хорошими антикоррозийными свойствами и используемый в сплавах с другими металлами.

- Палладий. Применяется в изготовлении крупного числа радиокомпонентов, обладая высокой проводимостью и хорошими проводными характеристиками. Имеет хорошие антикоррозийные свойства, обеспечиваемые термостойкостью произведенных радиодеталей.

- Рутений. Применяется в сплавах для укрепления элементов радиодеталей. В том числе, как и палладий относится владеет теми же свойствами. Экономит свою бездейственность к коррозии до 900 градусов.

- Тантал. Металл применяется в радиоэлектронике и в целом в конденсаторах, также авиакосмической сфере и в быту. Отличительная особенность – это огромная продолжительность работы. Представляет из себя пористый гранулированный кусок металла в виде таблетки и подключен к аноду. В иных отраслях используется с другими металлами в виде сплавов [2].

Что и следует, современная электроника применяет множество драгоценных металлов для усовершенствования характеристик приборов. Вследствие, технологичность изделий каждый год только увеличивается, содержание драгоценных металлов способно уменьшаться без потери свойства элементов.

Драгоценные металлы обладают такими свойствами, как:

- большая плотность;
- свойственный «металлический» блеск;
- большая теплопроводность;
- отличная электропроводность;
- небольшая электроотрицательность;
- роль в реакциях восстановителя;
- относительно большая температура плавления;
- пластичность и простота обработки;
- низкая способность к ионизации.

Драгоценные металлы имеют оснащенные антибиотические свойства, например перила и ручки в общественных местах производятся из данных компонентов. Авиастроение и оборонный комплекс не экономят на производстве деталей подобного качества, поэтому и цена используемого оборудования намного дороже по сравнению с гражданским. Очевидно, что множество приборов изготавливаются из серебра для устранения размножения микроорганизмов [3].

Таким образом, становится очевидным, что содержание различных драгметаллов и золота в устройствах в период развитого социализма намного больше, чем в обычных телефонах, холодильниках и иных устройствах, выпущенных в продукцию в наше время [4].

Цветные и черные драгоценные металлы используются как в строительной, так и механической промышленности. В медицине и искусстве применяются цветные и черные металлы. Наиболее значимые и уникальные идут на производство каких-либо ценных изделий. Нельзя представить общество без них, включая домашние уникальные приспособления, устройства и агрегаты.

При всем этом, за последние лет 12 прошлого столетия за девайсами, изготовленными еще в СССР, разорили сырьевую основу – первоначальный примененный материал все труднее становится доставать, находить.

На основании полученных данных можно сделать выводы, что в целом, проблему можно решить – в первую очередь, переключиться на внешние устройства, либо гаджеты зарубежного производства. Однако, по-

требуется перерабатывать намного больше оборудования, чтобы перейти на подобные объемы «добытых» ВДМ, как при рециклинге агрегатов русского стандарта.

Библиографический список

1. Аникин, А. В. Российская золотодобывающая отрасль: проблемы и перспективы развития / А. В. Аникин. – Текст : непосредственный // Вестник финансового университета. – 2012. – № 1 (67). – С. 89-94.
2. Барыбин, А. А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы / А. А. Барыбин. – Москва : Физматлит, 2008. – 424 с. – Текст : непосредственный.
3. Мелешко, Е. А. Быстродействующая импульсная электроника / Е. А. Мелешко. – Москва: Физматлит, 2007. – 320 с. – Текст : непосредственный.
4. Шнейберг, Я. А. История выдающихся открытий и изобретений (электротехника, электроэнергетика, радиоэлектроника) / Я. А. Шнейберг. – Москва : МЭИ, 2009. – 118 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Ташланов В. И., преподаватель.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Чеканина Е. А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Каждый год в России образуется более 3 миллионов тонн нефтяных шламов, из них более 1 миллиона тонн на нефтедобывающих предприятиях [1]. Темпы образования нефтесодержащих отходов значительно превышают темпы переработки, поэтому проблема их утилизации на сегодняшний день достаточно актуальна. Это указывает на то, что существует острая необходимость внедрения экологически чистых, эффективных, экономичных технологий переработки нефтешламов, позволяющих обеспечить безотходность функционирования месторождений.

Кроме того, потребность безотходной, экологичной и экономически выгодной утилизации нефтешламов обусловлена рядом следующих причин: загрязнение воздушного, водного бассейнов и литосферы; переполненные шламонакопители являются фактором, сдерживающим добычу нефти, также требуют существенных затрат для уменьшения экологического ущерба; шламовые амбары опасны в пожарном отношении [1]; при сжигании нефтешламов, происходит безвозвратная потеря природных ре-

сурсов в виде ценного углеводородного сырья, что указывает на непозволительно низкий коэффициент полезного использования; сжигание нефтешламов экономически не выгодно, так как требует больших энергетических затрат, из-за высокого содержания воды, а также приводит к серьезному антропогенному загрязнению окружающей среды [2].

Так как химический состав нефтешламов предельно сложен и может содержать около половины элементов таблицы Менделеева, все известные методы переработки можно разделить на несколько видов: термические, химические, биологические, физико-химические, комбинированные [3]. Каждый из используемых способов обладает своими достоинствами и недостатками, но не один из них не является экономически удовлетворительным. В настоящее время среди вышеперечисленных методов базовыми являются химический и термический, включающий в себя пиролиз и технологическое сжигание. Значительными недостатками данных способов являются неэкологичность из-за образования при сжигании токсичных и термоустойчивых соединений, а также выбросов в окружающую среду значительного количества тяжелых металлов. Одним из выходов из положения может являться инсинерация нефтяных шламов, которая требует устройства эффективной системы газоочистки [4].

Наиболее перспективным способом переработки нефтешламов на сегодняшний день является пиролиз, с помощью которого они не ликвидируются, а перерабатываются в кондиционные продукты в виде нефти и пиролизного газа, служащего топливом для работы самой установки. Такая установка, перерабатывающая отходы в автоматическом режиме в больших объемах, появилась в России сравнительно недавно. В 2014 году в Тюменской области на Вынгапуровском нефтегазовом месторождении компанией IPES (international power ecology company) была испытана и введена в эксплуатацию установка термической деструкции УТД-2. УТД-2 перерабатывает любые нефтешламы и буровые отходы независимо от их состава с помощью эксклюзивной технологии низкотемпературного пиролиза. Отходы с помощью шнека или насоса загружают в камеру пиролиза, в которой осуществляется их термическое разложение. Отходящий пиролизный газ, попадая в систему конденсаторов и фильтров, очищается, происходит сепарация паров жидкой фракции, газа и воды. После очистки продукт конденсируется, жидкое пиролизное топливо сливается в ёмкости хранения, сухой остаток транспортируется в бункеры-накопители, пиролизный газ подается на горелочные устройства. УТД-2 пользуется спросом на рынке, с каждым годом ее конструктив модернизируется, производительность увеличивается. Если в 2014 году она перерабатывала до 1500 кг/ч отходов, то на данный момент выполняется тестовый запуск новой установки УТД-2-3000 производительностью 3000 кг/ч. УТД-2 изготавливается для таких крупных компаний как ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Лукойл» [5].

Аналогичным образом посредством технологии низкотемпературного пиролиза работает установка Т-ПУ1 компании ООО «Пиролиз-Экопром», производящей с 2019 года новые модернизированные модели [6]. Достоинствами обеих установок помимо основной функции разложения исходного сырья на необходимые составляющие являются: компактность, мобильность, простота в работе и обслуживании; замкнутый цикл системы водяного охлаждения; герметичность установок, обеспечивающая минимальное воздействие на окружающую среду; использование зольного остатка при производстве резин, технических пластин, транспортерных лент; использование сухого остатка на местные, рекультивационные и строительные нужды; загрузка исходного сырья на переработку без подготовительных работ; использование тепла, вырабатываемого в процессе переработки, для обогрева помещений.

Альтернативным инновационным методом является очистка нефтесодержащих шламов с использованием солнечной энергии. Нефтешлам подается в теплоизолированный корпус, окрашенный внутри в черный цвет, в котором нагревается. Роль нагревателя в устройстве выполняет съемная светопроницаемая оболочка в виде нескольких пластиковых линз цилиндрической формы, установленная сверху корпуса, наполовину заполненная нефтяным маслом. Оболочка максимально фокусирует рассеянную и прямую солнечную радиацию даже невысокой плотности. Полученная после нагревания продуктивная нефть сливается в резервуар через трубу для дальнейшего использования. К преимуществам данного устройства относятся простота конструкции, относительная дешевизна, использование экологически чистой солнечной энергии. Кроме того, данная технология утилизации в значительной мере снизит уровень отрицательного воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду [6].

Несмотря на то, что безамбарный способ бурения был признан предпочтительным правительством нашей страны более 10 лет назад, проблема шламовых амбаров и незаконного захоронения отходов до сих пор одна из самых болезненных в нефтегазовой отрасли. Повсеместное внедрение рассмотренных установок является возможным радикальным решением данной проблемы, позволяющим не только не накапливать новые отходы нефтедобычи, но и рационально утилизировать старые шламовые амбары, которые десятки лет отравляют окружающую почву вследствие отсутствия должной гидроизоляции.

Библиографический список

1. Методы утилизации нефтяных шламов / И. Ш. Хуснутдинов, А. Г. Сафиулина, Р. Р. Заббаров, С. И. Хуснутдинов. – Текст : электронный // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2015. – № 10. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-utilizatsii-neftyanyh-shlamov> (дата обращения: 08.10.2022).

2. Технология переработки нефтешлама / В. Г. Шрам, О. Н. Петров, А. Н. Сокольников [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2018. – Т. 8, № 3. С. 121-125.

3. Мазлова, Е. А. Проблема утилизации нефтешламов и способы их переработки : учеб. пособие / Е. А. Мазлова, С. В. Мещеряков. – Москва : Ноосфера, 2001. – 52 с. – Текст : непосредственный.

4. Янковой, Д. С. Новая технология утилизации нефтешламов / Д. С. Янковой, К. В. Ладыгин, С. И. Стомпель. – Текст : электронный // Современные технологии и оборудование. – 2014. – № 9. – URL : https://i-pec.ru/wp-content/uploads/2014/11/Ecology_statya.pdf (дата обращения: 08.10.2022).

5. Петровский, Э. А. Современные технологии переработки нефтешламов / Э. А. Петровский, Е. А. Соловьев, О. А. Коленчуков. – Текст : электронный // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2018. – № 4. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologii-pererabotki-nefteshlamov> (дата обращения: 08.10.2022).

6. Рящина, А. Д. Анализ современных методов обезвреживания нефтешламов / А. Д. Рящина, С. В. Леонтьева. – Текст : непосредственный // Евразийский Союз Ученых. – 2020. – № 11(80). – С. 59-66.

Научный руководитель: Коркишко А. Н., канд. техн. наук, доцент.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НЕФТЯНОГО ТЕРМИНАЛА КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Ярошко Я. С

Тюменский индустриальный университет, Тобольский индустриальный институт (филиал), г. Тобольск

Сейчас проблема ресурсосбережения поднимается все чаще, как в России, так и в других странах. Ключевая проблематика данного вопроса заключается в ограниченности ресурсов и нерациональном или неэффективном их использовании, а также потерях, с которыми сталкивается каждый тип производства.

Из известных на данный момент в производственной сфере ресурсосберегающих технологий выбран комплексный метод эффективного использования ресурсов и устранения потерь за счет выстраивания четкой логистики, учитывающей особенности типа производства. В основу ресурсосберегающей технологии в настоящем исследовании положено имитационное моделирование.

Цель исследования – в реализации указанных подходов к ресурсосбережению с помощью процесса моделирования на примере создания модели нефтяного терминала.

Моделирование является одним из способов решения практических задач. Все чаще оно стало использоваться в промышленной среде. В промышленной сфере очень важна наглядность всех этапов производства[1].

Главное преимущество моделирования – проведение экспериментов с моделируемым объектом или системой. Без риска затрат и потерь можно изменять любые входные параметры. Прежде всего такая статистика нужна для правильной оценки эффективности предприятия, решения ключевых проблем в контексте ресурсосбережения [2].

Рассмотрим процесс моделирования нефтяного терминала. В качестве программного обеспечения выбрана система моделирования AnyLogic.

Рассматриваемая модель имитирует работу нефтяного терминала. В ее состав входят следующие элементы:

- железнодорожные платформы, принимающие и разгружающие нефтепродукты – смоделированы с помощью Rail Library и Fluid Library;
- резервуары для хранения нефтепродуктов (ft. Fluid Library);
- танкеры для перевозки нефтепродуктов;
- система доставки нефтепродуктов.

В хранилище происходят следующие процессы – терминал может перерабатывать две группы нефтепродуктов. Он рассчитан на получение четырех видов продуктов: дизельное топливо, бензин, мазут и сырая нефть. В хранилище располагаются четыре нефтебазы – по одной на каждый вид нефти. Загрузка танкера происходит следующим образом: танкер прибывает к причалу, после загрузки танкер вытягивают из причала буксирами, затем он отходит от терминала. Количество танков, перевозимых танкером, и емкость бака могут быть изменены во время моделирования [3].

Каждый элемент регулируется с помощью командных окон. Для окончательной визуализации процесс функционирования терминала можно посмотреть в режиме свободной камеры. Также можно переключиться на оконный режим просмотра (рисунок 1).

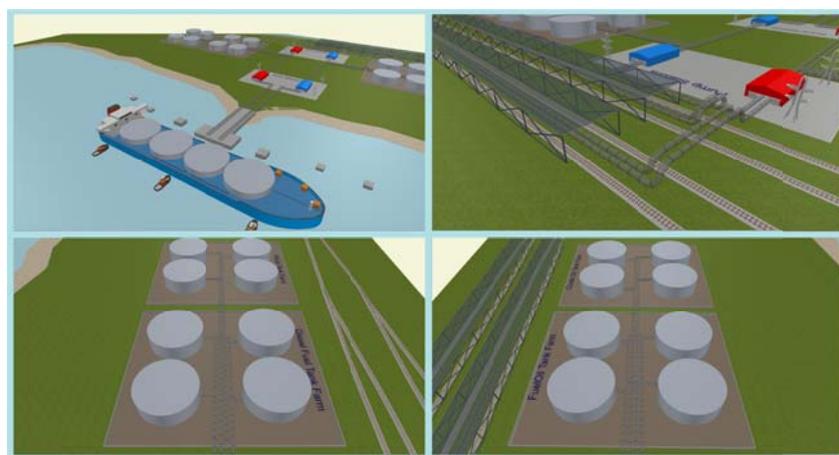


Рисунок 1. Оконный вид просмотра модели нефтяного терминала в 3D

Так как целью исследования является выстраивание логистики, разработано окно с логистикой (рисунок 2). Окно интегрировано с выходными статистическими данными и открывается вместе с ними.

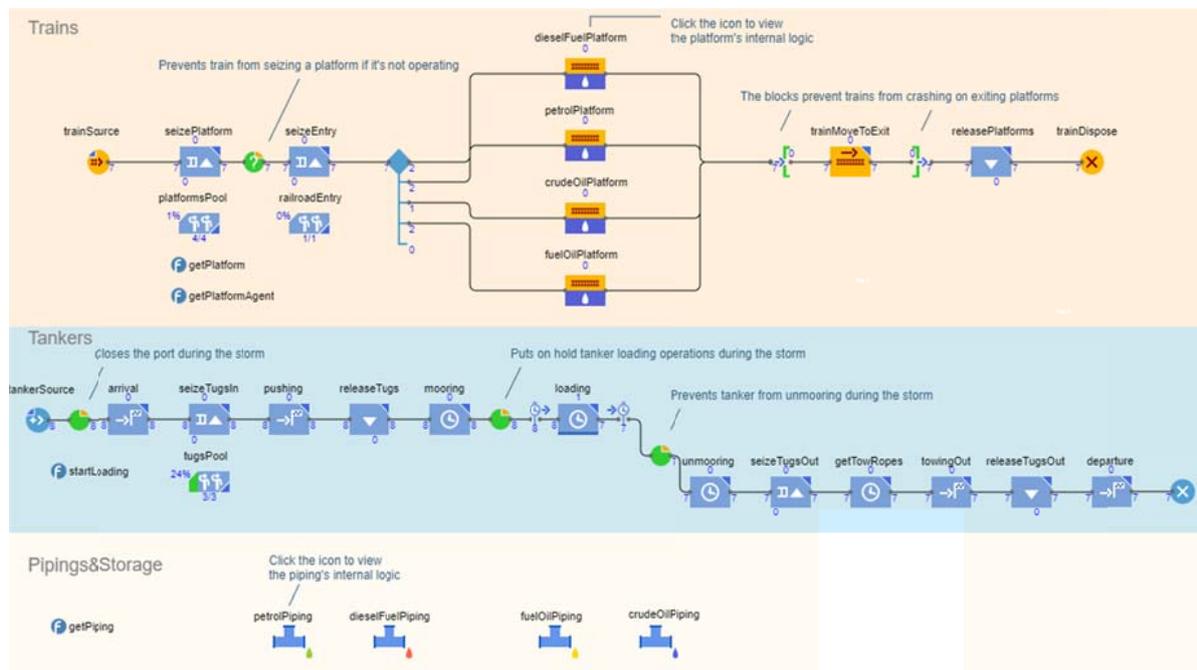


Рисунок 2. Логистика нефтяного терминала

Завершающим этапом в работе с модельной системой является проведение эксперимента. Для этого изменены следующие параметры: значительно уменьшена скорость танкера, но увеличена его вместимость. Общее количество танкеров оставлено без изменений. Также получена итоговая статистика, которая показала, что объем экспорта значительно упал, что позволяет сделать вывод о том, что увеличение вместимости танкера с учетом падения его скорости негативно скажется на выгружаемом потоке.

В проведенном эксперименте изменены некоторые регулируемые параметры, которые позволили отследить динамику общей поточной загрузки нефтяного терминала. Разработка модели может лечь в основу разработки методологии ресурсосберегающей технологии, которая впоследствии может быть применена не только к новым, но и функционирующим производствам для увеличения эффективности и рациональности использования природных ресурсов.

Библиографический список

1. Поликутин, Е. А. Значение имитационного моделирования в развитии предприятий и государства / Е. А. Поликутин. – Текст : непосредственный // Экономика и управление в сфере услуг: современное состоя-

ние и перспективы развития : Всерос. науч.-практ. конф., 08 февраля 2022 года. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 115-116.

2. Кычкин, И. М. Исследование производственных процессов изготовления деталей в среде Anylogic / И. М. Кычкин, А. А. Минигалиев, И. Р. Фатыхова. – Текст : непосредственный // Профессиональные коммуникации в научной среде – фактор обеспечения качества исследований : Всерос. науч.-практ. конф., Альметьевск, 16–17 марта 2022 года. – Казань, 2022. – С. 101-105.

3. Предложение по формированию подсистемы имитационного моделирования системы мониторинга транспортной сети связи специального назначения / А. А. Бурлаков, О. А. Губская, Н. Н. Зайкин, В. Е. Писковитин. – Текст : непосредственный // Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов. проблемы и решения : междунар. науч.-практ. конф, 17 мая 2022 года. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 184-192.

Научный руководитель: Тушакова З. Р., канд. пед. наук, доцент.

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА**

Балуева Е. С., Дулатова З. К.

МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва

Антропогенное влияние человека на биосферу за счет форсированного вовлечения ископаемого топлива в производственные процессы и хозяйственно-бытовую деятельность в последние десятилетия приобрело глобальный характер. Влияние объемов энергоресурсов является значимым с экономической и экологической точки зрения. Нерентабельность некоторых добывающих предприятий, рост цен на общественные блага, а также негативное воздействие на окружающую среду стали последствиями проблемы истощения запасов ископаемых видов топлива, его процессов добычи и переработки. Однако стабильный прирост мирового населения (которое на данный момент составляет около 8 млрд человек и растет на 1,25 % в год) и спрос на повышение стандартов жизни развивающихся стран порождает все большую потребность в энергии.

В связи с этим в политических и научных кругах остро встал вопрос поиска и внедрения альтернативных источников энергии. Топливо должно подходить по нескольким критериям: (1) универсальность, (2) удобство при транспортировании, (3) высокая эффективность использования и (4) безопасность, (5) совместимость с ОС и экономическая эффективность [1]. Энергия ветра, солнца, приливов и отливов, разработка биотоплива – все это стало заменой невозобновляемым природным ресурсам. Благодаря им образование электроэнергии не несет вред естественной среде. Обратная сторона использования данных ресурсов – это непостоянство природных явлений, следовательно, появляется необходимость в запасе энергии, что несет убыток вследствие строительства и поддержки специализированного оборудования [2].

Ввиду вышесказанного все большее значение в сегменте развития альтернативной энергетики приобретает биотопливо. Его производство не так опасно и сложно, а также не значительно зависит от природных факторов. Хранение и транспортировка не повлечет серьезных технологических изменений [3].

В лесоперерабатывающей и целлюлозно-бумажной и сельскохозяйственной промышленности образуется достаточное количество переработанного сырья (опилки, щепа, дрова, шелуха, лузга, солома, проса и т. д.), из которого возможно изготовление брикетов и пеллетов [4]. Основываясь

на данных различных исследований, был сделан вывод об их минимальном негативном воздействии на окружающую среду. На основании этой информации можно выделить несколько преимуществ использования данного вида топлива: (1) универсальность применения, связанная с распространенностью сырья, (2) экономическая эффективность, порожденная повторным использованием отходов и (3) совместимость с ОС, сопряженная с решением вопроса об утилизации. Рассматриваемый выше вид энергоресурса является одной из разновидностей биотоплива, изготовленного из непищевого сырья.

Пищевые отходы производства также могут стать основой для топлива. В качестве биомассы используют зерновые культуры, мелассу, сахарный сорго, топинамбуру и т. д. [5]. Получение биоэтанола позволяет увеличить биоразлагаемость продуктов, включить рециклинг в основной процесс производства, в качестве метода образования дополнительной энергии. На данный момент разрабатываются технологии, снижающие негативное воздействие на окружающую среду и не требующие предварительной обработки сырья, что в свою очередь снижает финансовые вливания.

Несмотря на широкую распространенность мнения об экологической безопасности биотоплива (озвученное также в директиве о повышении доли биоэнергетики до 2020 года [6]), некоторые специалисты оспаривают его «углеродную нейтральность» [7]. Так, например, оценка влияния на окружающую среду может включать в себя данные о выбросах углекислого газа в атмосферу во время транспортирования или химической обработки сырья. Ряд ученых выдвигает предположение о нарушении природного цикла углерода. Данная точка зрения подкрепляется тем, что отходы, которые идут на производство биотоплива, не подвергаются естественному разложению и не переходят в почву. Вместе с тем увеличение масштабов производства этого вида топлива требует увеличение пахотных площадей и ресурсов сельскохозяйственной промышленности, что приводит к росту числа искусственных агроценозов и нарушению почвенного покрова. Это в свою очередь снижает экономическую эффективность за счет сокращения ресурсов агросектора, которые предназначены для производства продуктов питания [7].

С целью снижения нагрузки на аграрный сектор специалистами из различных областей проводятся исследования, направленные на поиски новых источников сырья для получения биотоплива. От результатов исследований зависят перспективы развития данного кандидата на роль энергетического заменителя традиционных видов топлива.

Библиографический список

1. Везироглу, Т. Н. Энергетика 21-го века: водородная энергетика / Т. Н. Везироглу, Ш. Сахин. – Текст : непосредственный // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 2. – С. 12-28.

2. Семенова, В. А. Оценка эффективности альтернативных источников электрогенерации / В. А. Семенова. – Текст : непосредственный // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – 2020. – № 3. – С. 99-102.
3. Меньшиков, В. В. Потенциал производства биотоплива / В. В. Меньшиков, А. И. Тасмагамбетова. – Текст : непосредственный // Вопросы регулирования ТЭК: Регионы и федерация. – 2010. – № 4. – С. 31-32.
4. Судакова, И. Г. Получение твердых биотоплив из растительных отходов / И. Г. Судакова, Н. Б. Руденко. – Текст : непосредственный // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2015. – № 4. – С. 499-513.
5. Отходы пищевых производств как возобновляемые источники энергии: перспективность и технологические решения / И. Ю. Потороко, Л. А. Цирульниченко, Н. В. Попова, М. С. Венката. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: пищевые и биотехнологии. – 2021. – № 2. – С. 16-25.
6. Директива Европейского парламента Совета Европейского союза 2009/28/ЕС от 23 апреля 2009 года 2009 – Текст : электронный // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. – URL: <https://demo.garant.ru/#/document/2571107/entry/0> (дата обращения : 08.04.2019).
7. Рябкова, Н. С. Экономические перспективы развития биотоплива / Н. С. Рябкова. – Текст : непосредственный // Оценка инвестиций. – 2017. – № 2(6). – С. 7-9.

Научный руководитель: Леонтьева С. В., канд. техн. наук, доцент

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Жернова М. К. , Абдулхаева Г. С.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

Статья посвящена спросу на энергию в сельском хозяйстве и производстве значительно увеличился для удовлетворения потребностей растущего населения и увеличения спроса на продукты питания, технику, жилищные апартаменты и мелкие бытовые принадлежности. Имеющиеся источники энергии недостаточны и истощены, из-за большого роста промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Поэтому, наряду с другими аспектами развития в области сельского хозяйства и производства, область исследований и освоения новых источников энергии также находится в центре внимания. Солнце является вечным центром энергии, где солнечное топливо преобразуется в солнечную энергию в процессе синтеза с момента рождения Солнечной системы. Использование солнечной энергии имеет центральное значение для удовлетворения потребностей в энергии.

Чтобы обеспечить устойчивое энергетическое будущее, необходимо расширить масштабы использования возобновляемых источников энергии и технологий не только для производства электроэнергии, но и в таких секторах конечного использования, как здания, транспорт и промышленность [1].

Солнечная энергетика является реальной, развивающейся быстрыми темпами сектора энергетического рынка планеты с перспективными потребностями в росте в ближайшем будущем. Фотоэнергетика обеспечивает такое качество, как экологическая чистота.

Целью статьи является рассмотрение с помощью опубликованных данных прогнозов развития использования солнечной энергии в сельском хозяйстве и в производстве, а также анализ уже используемых технологий.

Начнем рассмотрение сферы использования солнечной энергии с используемых технологий в сельском хозяйстве.

Сельскохозяйственный сектор также использует различные методы, чтобы использовать преимущества этих различных характеристик солнечной энергии для различных целей. Например, тепловые свойства солнечной энергии используются для сушки продуктов питания, овощей, сельскохозяйственных культур, мяса и т. д., что является ее непосредственным использованием. Кроме того, непредсказуемые климатические изменения, такие как ветер и дождь, могут нанести серьезный ущерб. В наше время для такого прямого использования солнечной энергии используются различные солнечные сушилки. За последние несколько десятилетий, солнечная энергия использовалась по-разному после преобразования ее в другие формы энергии, такие как химическая энергия и особенно электрическая энергия, для различных услуг, и исследованиям придавалось большое значение для улучшения методов преобразования для захвата солнечной энергии. В области сельского хозяйства проводится много исследований по использованию солнечной энергии. Использование этой солнечной энергии для перекачивания воды, освещения, распыления пестицидов и различных типов машин, таких как тракторы и т. д., изо дня в день внедряет инновации в сельское хозяйство. Но использование солнечной энергии в сельском хозяйстве таким образом все еще ограничено, требуется много знаний и исследований, чтобы получить выгоду от этого благословения и надежды на будущие потребности в энергии [2].

Технологии применения солнечной энергии для агропромышленного комплекса решают широкий спектр задач в сфере сельскохозяйственной деятельности. Могут быть внедрены в любой ее отрасли. Наличие свободных территорий и значительной площади крыш и стен домов и хозяйственных построек позволяет получать и накапливать большие количества бесплатной электроэнергии. Монтаж фотоэлектрических систем выполняется для производства электроэнергии, которую можно применять для работы насосов, электропастуха на выпасах, медогонок на пасеке, электроножей и другого оборудования, а также обеспечения электричеством жилых зданий.

Воздушные коллекторы служат для обогрева и вентиляции помещений, создавая комфортную среду проживания для людей, сельскохозяйственных животных и поддерживая показатели температуры и влажности на заданном уровне. Парники и теплицы, оборудованные гелиопанелями, не только сохраняют тепло и накапливают его, задерживая внутри, но и обеспечивают необходимый растениям микроклимат.

Применение устройств для отопления и проветривания в зерно- и овощехранилищах, на складах позволяет обойтись без непрерывного участия обслуживающего персонала в поддержании заданных параметров среды и сохранить урожай, здания и технику наилучшим образом.

Солнечный опрыскиватель пестицидов предназначен для мелких фермеров с целью повышения их производительности. Они могут легко переносить и обрабатывать эти машины с перезаряжаемыми батареями и вариантами прямого солнечного освещения. В основном распыление пестицидов осуществляется в дневное время, поэтому эти распылительные машины можно использовать, напрямую улавливая солнечную энергию, что предотвращает установку батарей в эти машины. Кроме того, разбрасыватели и посевные машины на солнечных батареях представляют собой простой и удобный способ разбрасывания и посева семян на небольших полях, а также в тех областях, где традиционная техника недоступна. Это будет более полезно для мелких фермеров и аграрного общества [3].

Всеобщий интерес вызвал метод опреснения воды с помощью солнечной энергии. Это гибридная технология, направленная на повышение эффективности испарения внутри солнечного дистиллятора с помощью вращающегося цилиндра и солнечного коллектора. Технология опреснения воды создана, путем применения вращающегося полого цилиндра внутри солнечного дистиллятора для ускорения испарения воды в емкости путем образования тонкой пленки воды на внешней и внутренней поверхности цилиндра, которая с каждым оборотом постоянно обновлялась.

Вывод. Все отрасли промышленности, описанные в данной статье, говорят о том, что использование солнечной энергии – это альтернативное решение уже возникнувших проблем и тех с которым человечеству придется столкнуться. Количество солнечной энергии, поступающей на Землю, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и других энергетических ресурсов. Использование всего лишь 0,0125 % могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а использование 0,5 % – полностью покрыть потребности в будущем. Преимущества технологий, использующих энергию солнца, в том, что при работе солнечных установок практически не добавляется тепло в приземные слои атмосферы, не создается тепличный эффект и не происходит загрязнения воздуха. Но у солнечной энергии есть недостаток – ее зависимость от состояния атмосферы, времени суток и года. Однако для решения этой проблемы уже придумали аккумуляторы, накапливающие энергию от батареи, позволяющие получать энергию даже в период неактивности батареи.

Библиографический список

1. Елистратов, В. В. Возобновляемая энергетика / В. В. Елистратов. – Санкт-Петербург : Изд-во политехнического университета, 2016. – 421 с. – Текст: непосредственный.
2. Байдаков, Е. М. Использование возобновляемых источников энергии для сушки зерна / Е. М. Байдаков. – Текст: непосредственный // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2009. – № 7. – С. 32-35.
3. Масаев, И. В. Использование биоотходов сельского хозяйства в качестве альтернативного топлива / И. В. Масаев. – Текст: непосредственный // Известия Академии промышленной экологии. – 2001. – № 3. – С. 79-80.

Научный руководитель: Ставицкий А. В., старший преподаватель.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

*Колесникова Д. А., Молоков А. М., Казанцев Н. К.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург*

В современной энергетике происходят существенные изменения. Десятилетиями использование исчерпаемых топливных энергетических ресурсов приводит к тепловому и химическому загрязнению, потому что с каждым годом количество потребляемой энергии на душу населения растет, что видно из рисунка 1.

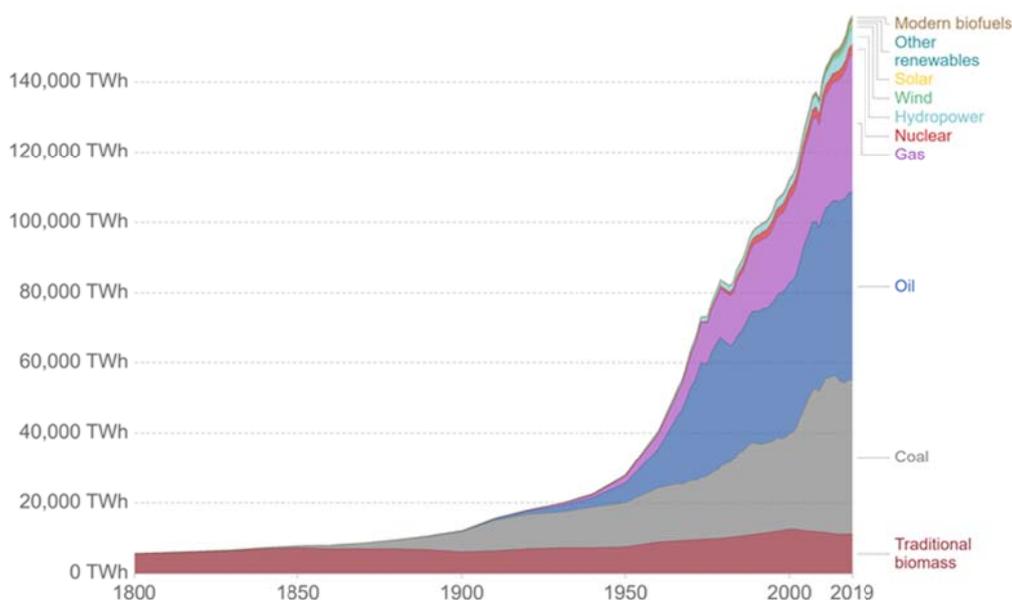


Рисунок 1. Рост мирового потребления энергии с 1800 по 2019 годы

Многие страны уже давно используют электрическую энергию, полученную с помощью возобновляемых источников энергии. Но нетрадиционная энергетика имеет свои плюсы и минусы.

Главной проблемой нетрадиционной энергетики является ее нестабильность. Эта проблема на данный момент не решаема, так, например, для того чтобы солнечная электростанция (СЭС) выдавала требуемое количество электроэнергии необходимо минимум 300 солнечных дней в году, а это не зависит от человека.

Помимо этого, важным аспектом является экономическая рентабельность использования такого рода электрических станции. А также низкий уровень КПД (15-30 %) по сравнению с традиционными электрическими станциями. В данной статье будут рассмотрены способы повышения коэффициента полезного действия на примере СЭС.

Теоретически возможный КПД солнечных электрических станций составляет 85-88 %. Проблема в его достижении вызвана крупной долей вынужденных потерь, которые возникают во время преобразования потока фотонов в электрическую энергию. Ученые давно пытаются найти способ повысить эффективность СЭС. Вот некоторые из предложенных вариантов.

Нанесение химического соединения алюмината стронция (SrAl_2O_4), активированного европием (Eu), диспрозием (Dy), иттрием (Y) на поверхность кремниевой панели даст возможность повысить КПД ФЭУ. (ФЭУ – фотоэлектрическое устройство.) Данное соединение имеет возможность поглощать короткие волны солнечного излучения (СИ), трансформируя их в длинноволновые области спектра, которые в дальнейшем могут преобразовываться в электрическую энергию посредством процессов, протекающих в фотоэлектрической панели. Таким образом, все спектры СИ наиболее эффективно используются в солнечной панели, что в свою очередь увеличивает эффективность СЭС [1].

Еще одним вариантом увеличения эффективности является гибридизация соединений, из которых изготавливаются солнечные ячейки. По такому методу были спроектированы перовскитные солнечные батареи. Перовскиты – это химическое соединение титаната кальция (CaTiO_3). Перовскиты эффективно преобразуют солнечную энергию в электрическую [2].

Кремний (Si) и титанат (TiO_3) – это полупроводники, которые могут эффективно передавать электроэнергию под действием энергии СИ. Но КПД CaTiO_3 больше, по сравнению с Si. А себестоимость титаната кальция ниже, следовательно, это позволит производить изделия из этого минерала дешевле, чем из кремния. Также преимуществами перовокситной пленки являются гибкость и малые размеры, что позволяет значительно снизить затраты на её установку [3].

Также можно повысить эффективность солнечных электрических станций посредством регулировки наклона солнечной панели, который используется исключительно летом и зимой. Это необходимо для того, чтобы выравнять угол наклона панели по горизонту восхода и захода солнца.

В перспективе использование возобновляемых источников скоро станет практически единственным способом получения электроэнергии. Можно с уверенностью утверждать, что в недалеком будущем человечество будет все больше использовать в своей деятельности возобновляемые природные ресурсы, чтобы сохранить окружающую среду и снизить риски увеличения темпов глобального потепления. Также в этом случае страны перестанут зависеть от импорта топлива [4].

Библиографический список

1. Повышение КПД кремниевых фотоэлектрических модулей активирующим покрытием / В. Г. Созанов, А. П. Блиев, У. Д. Кудаков [и др.]. – Текст: электронный // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 9. – С. 75-76. – URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=30930> (дата обращения: 18.10.2022)

2. Антонова, Е. А. Повышение эффективности солнечных батарей нового поколения за счет использования новых материалов и их гибридизации / Е. А. Антонова, С. В. Горячев. – Текст: непосредственный // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2019 – № 1. – С. 7-11.

3. Чопра, К. Тонкопленочные солнечные элементы / К. Чопра, С. Дас. – Москва: Мир, 1986. – 435 с. – Текст: непосредственный.

4. Садчиков, А. В. Энергосбережение в системах жизнеобеспечения / А. В. Садчиков, В. Ю. Соколов, С. В. Митрофанов. – Новосибирск: СибАК, 2016. – 178 с. – Текст: непосредственный.

АНАЛИЗ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ СОЗДАНИЯ ВЕТРОПАРКОВ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Красильникова Е. Е., Мочалова А. А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Тюменская область занимает лидирующее положение в России по добыче нефти и газа. В 2017 году на долю ХМАО приходилось 43 % общероссийской добычи [1], а в ЯНАО также в 2017 году было добыто 40,25 % российского газа [2]. Нефть и газ – это основной доход нашего государства, но на сегодняшний день мир постепенно отказывается от не-

возобновляемых источников энергии. Россия должна поддерживать переход на возобновляемые источники энергии, чтобы улучшить экологическое состояние нашей планеты. Энергия ветра – это один из самых перспективных альтернативных источников энергии.

Для того, чтобы понять рентабельность создания ветропарков в Тюменской области, обратимся к карте ветров России [3]. Средняя скорость ветра в Тюменской области и в ХМАО в основном не превышает 3 м/с. Однако на таких малых скоростях ветрогенератор не будет вырабатывать достаточно электроэнергии, а его строительство даже не окупится.

Лучше ситуация обстоит в ЯНАО. Так, среднегодовая скорость выше 5 м/с вблизи сёл Новый Порт, Ныда, Сёяха. Порывами скорость ветра достигает 30 м/с. При таких условиях уже не стоит опасаться того, что лопасти просто не будут вращаться из-за маленькой скорости ветра. Так как это небольшие поселения (численностью 1764, 1814 и 2714 соответственно), которые не находятся в непосредственной близости от углеводородных месторождений и не имеют больших промышленных мощностей, то обеспечение этих поселков сравнительно небольшим количеством энергии можно осуществить за счёт ветроэлектрических установок. С другой стороны, в регионе в целом холодный резко континентальный климат с годовой амплитудой более 40 градусов Цельсия, что подразумевает использование ветрогенераторов более сложной конструкции, которые способны работать при большом перепаде рабочих температур, что существенно повышает стоимость и сроки окупаемости установок. Следует учитывать, что ландшафт оказывает серьезное влияние на скорость ветра. Согласно Большой российской энциклопедии [4], округ находится в пределах Западно-Сибирской равнины, преобладают открытые территории. Подобный ландшафт характеризуется минимальным классом шероховатости, что положительно сказывается на скорости набегаемого потока воздуха на ветрогенератор.

Таким образом, Ямало-Ненецкий автономный округ Тюменской области в теории может стать отличной площадкой для установки ветрогенераторов, так как на его территориях с низкой степенью урбанизации, особенно вокруг Обской Дуги, дуют сильные ветры со среднегодовой скоростью более 5 м/с, а рельеф и ландшафт не препятствуют его распространению.

Безусловно, одним из важнейших факторов при изменении энергетической стратегии области является заинтересованность в этом Правительства. Обратимся к следующим распоряжениям: «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Тюменской области на 2015-2019 годы» (от 28 июля 2014 г.) и «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Тюменской области»

(от 28 апреля 2017 г.). Согласно первому из них, программой модернизации электроэнергетики России на период до 2020 года в Тюменской области был запланирован ввод 0,7 МВт мощности ветрогенерирующих установок [5]. Для установки должны были использоваться децентрализованные ветровые электростанции и ветро-дизельные электростанции мощностью 10-50 кВт [5]. Потенциал по вводу ветрогенерирующих установок на территории Тюменской области оценивался величиной 0,1-0,2 МВт/м² [5]. Также в распоряжении было отмечено, что наиболее перспективными для установки ветрогенераторов являются удалённые от Единой энергетической системы территории, в том числе различные поселения, нефтяные и газовые месторождения. Рассмотрев риск возникновения штиля, было решено использовать маневренную дизельную установку в качестве резервного источника энергии. По мнению Правительства, «ввод ветрогенерирующих установок позволит снизить зависимость отдаленных регионов от дизельного топлива, а также будет способствовать снижению себестоимости электроэнергии в этих регионах» [5].

Тем не менее, обратившись к распоряжению от 28 апреля 2017 года, мы замечаем, что на сегодняшний день в энергосистеме Тюменской области отсутствуют какие-либо генерирующие объекты, функционирующие на основе использования возобновляемых источников энергии, в том числе и на основе энергии ветра. Более того, в срок до 2022 года не планировалось и не было произведено ни строительство данных генерирующих объектов, ни их ввод в эксплуатацию [6]. Вполне вероятно, что такая смена политики в сфере альтернативной энергетики, а именно ветроэнергетики, обусловлена высокой стоимостью установок и большими сроками их окупаемости.

Один из немаловажных факторов в процессе внедрения альтернативных источников энергии – это инициатива частных компаний и их взаимодействие с правительством. Компания «Фортум», которой принадлежит 66,9 % от суммарной установленной мощности электростанций Тюменской области, является основным поставщиком электроэнергии в регионе [6]. Одна из приоритетных целей и направлений стратегического развития компании – это использование возобновляемых источников энергии. Ей принадлежит первый ветропарк в России, подключенный к Единой энергетической системе [7]. Однако даже представитель такого существенного сегмента тюменской энергетики не ставит перед собой задачи по внедрению ветроэнергетики в области. Это также говорит об экономической нецелесообразности использования альтернативных источников, так как Тюменская область с автономными округами является крупнейшим нефте- и газодобывающим регионом страны.

Библиографический список

1. Новиков, Д. С. Доклад о результатах деятельности Управления развития нефтегазового комплекса Департамента недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа - Югры за 2017 год / Д. С. Новиков. – Текст : электронный // Департамент недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: [сайт]. – URL: <https://depprirod.admhmao.ru/upload/medialibrary/dfd/novikov.pdf> (дата обращения: 09.10.2022).
2. Информационный портал – promdevelop: [сайт]. – URL: <https://promdevelop.ru/> (дата обращения: 09.10.2022). – Текст : электронный.
3. Официальный сайт компании «EnergyWind» : [сайт]. – URL: <http://energywind.ru/> (дата обращения: 09.10.2022). – Текст : электронный.
4. Большая Российская энциклопедия: [сайт]. – URL: <https://bigenc.ru/> (дата обращения: 09.10.2022). – Текст : электронный.
5. Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Тюменской области на 2015-2019 годы : распоряжение Правительства №1380-рп от 28 июля 2014 г. – Текст : электронный // Правительство Тюменской области: официальный сайт. – URL: <http://admtumen.ru>. (дата обращения: 09.10.2022).
6. Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Тюменской области на 2018-2022 годы : распоряжение губернатора Тюменской области №24-р от 28 апреля 2017 года. – Текст : электронный // Правительство Тюменской области: официальный сайт. – URL: <http://admtumen.ru> (дата обращения: 09.10.2022).
7. Гришкова, А. В. Возможность применения ветряных электрогенераторов в г. Перми / А. В. Гришкова, А. С. Матрунчик. – Текст : непосредственный // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – Пермь, 2013. – С. 84-90.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРА ПРИ РАСЧЁТЕ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОУСТАНОВКИ ОБЪЕКТ 1-У

Лосев Д. Я.

Тюменский Индустриальный Университет, г. Тюмень

Ранее разрабатывались модули для приращения кинематических свойств ветряного потока спроектированного ветрогенератора с вертикальной осью вращения Объект 1-У, представленного на рисунке 1 [1].

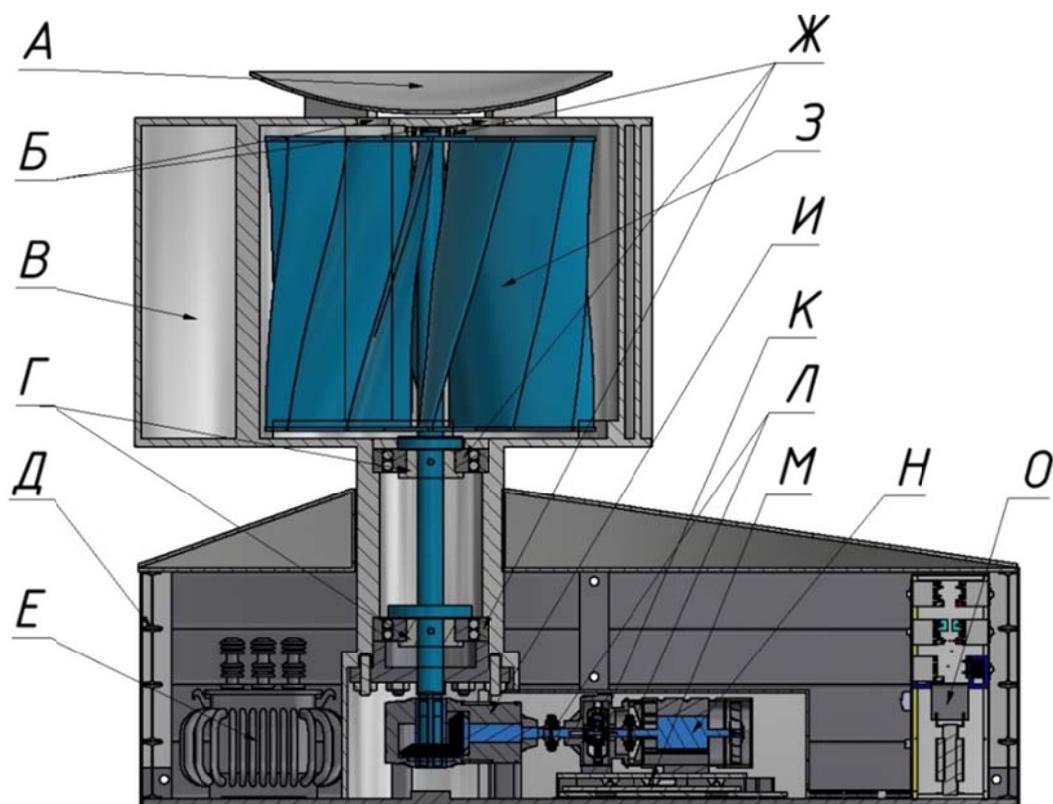


Рисунок 1. Схема ветроустановки Объект 1-У: А – Конфузорно-диффузорная чаша; Б – Вентиляционные отверстия; В – Корпус внутренней камеры; Г – Фиксирующие втулки; Д – Двухтавр 45М ГОСТ 19425-74; Е – АКБ; Ж – Радиально-упорные роликовые подшипники(900мм\360мм); З – Лопасти; И – Угловой коническо-цилиндрический редуктор компании ARS TRADE-TECHNICAL ALLIANCE серии RXO 800 RXO1 - RXV1; К – Планетарный одноступенчатый редуктор компании ARS TRADE-TECHNICAL ALLIANCE серии EX AR100/1; Л – Компенсирующие муфты; М – Модуль линейного перемещения по 2 степеням свободы; Н – Генератор переменного тока ПМ 102-ОМ5; О – Инвертор МАП HYBRID 60кВт, 3 фазы

Согласно базовой теории Жуковского Н. Е. $1/3$ исходной скорости набегающего ветряного потока не попадает на лопасти типичного ветрогенератора с вертикальной осью вращения, а $1/9$ часть энергии рассеивается отходящим противопотоком В программе конечного элементного анализа ANSYS была разработана среда приближенная к реальной, предназначенная для расчёта и подтверждения теории Жуковского. В качестве объекта исследования были выбраны лопасти спроектированного ветрогенератора без учёта геометрии конфузорно-диффузорной системы. Для расчёта были приняты следующие исходные изменяемые параметры. Радиус лопастей равен 4 метрам, длина лопастей 8 метров, коэффициент лобового сопротивления ветру равен 0,65 у. е., номинальная скорость ветра 8 м/с. Номинальная снимаемая энергия ветра равна 100 кВт [2].

Результаты аэродинамического расчёта показаны на рисунке 2.

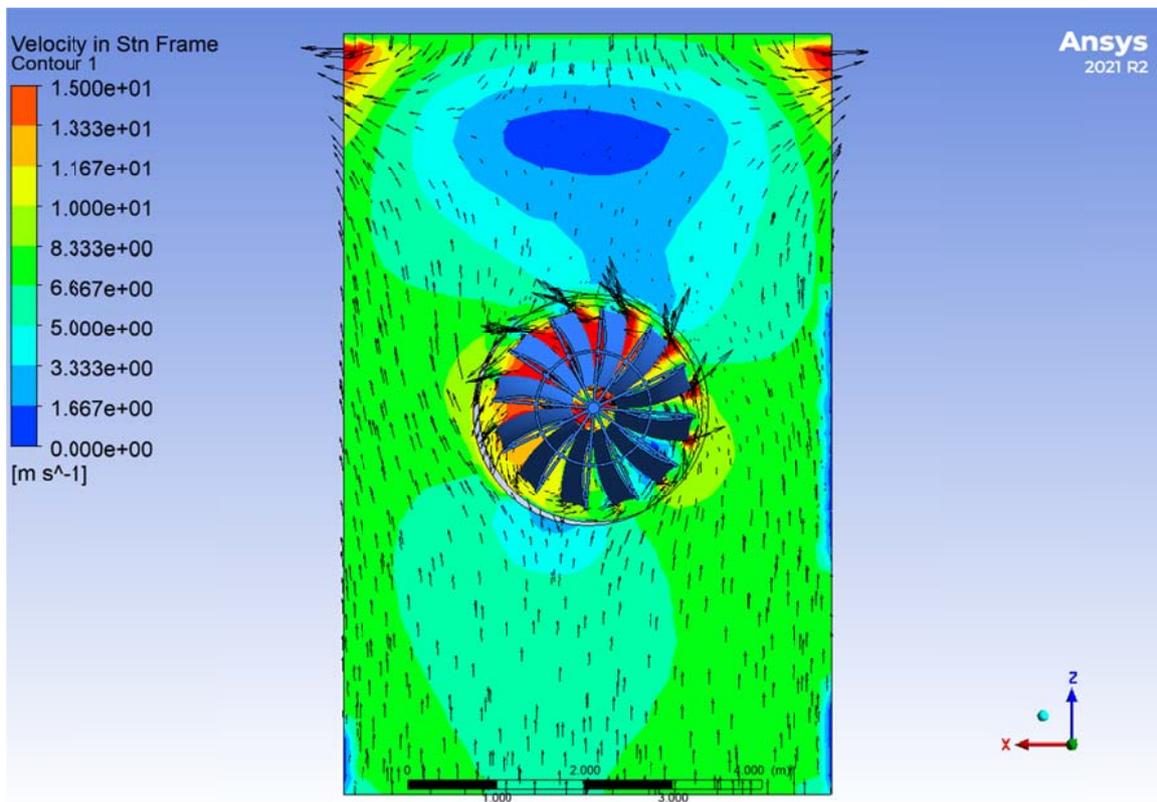


Рисунок 2. Аэродинамический расчёт лопастей

На расчёте лопастей, черными стрелками приведены траектории ветряного потока. На рисунке отчетливо виден эффект базовой теории Жуковского Н. Е. Примерно $1/3$ исходной скорости набегающего потока не попадает на лопасти ветрогенератора (Голубая зона слева перед лопастями), а $1/9$ часть энергии рассеивается отходящим потоком (тёмно-синяя область зоны сверху после прохождения ветром лопастей). Отсюда выводится следствие теории о максимальном коэффициенте использования энергии ветра (КИЭВ), максимальное значение которого равно числу $0,593$ в случае, если лопасти захватывают не менее $1/3$ скорости ветра [3].

В таблице 1 отражены расчётные значения аэродинамических параметров.

По результатам расчёта, при заданных исходных параметрах, коэффициент использования энергии ветра равен $34,9\%$, что входит в диапазон максимального возможного КПД. Даже при идеальных условиях коэффициент намного меньше максимально возможного КИЭВ.

Таблица 1

Расчётные значения аэродинамических параметров

	$N_{ном,кВт}$	$N_{ном,кВт}$	ξ	C_x	$r,м$	$l,м$	$v, м/с$
Лопасты	100	34,9	0,349	0,65	4	8	8

Учитывая теорию Жуковского Н. Е, была разработана конфузорно-диффузорная система, коэффициент лобового сопротивления которой выходит за предельное значение на 4,6 %, отсюда увеличивается КИЭВ.

Библиографический список

1. Лосев, Д. Я. Разработка оптимальной конструкции ветрогенератора, для решения проблемы электрификации нефтяных месторождений и труднодоступных регионов России / Д. Я Лосев. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : национальная международная науч.-техн. конф. 18-20 дек. 2019 г. – Тюмень, 2019. – С. 290-292.

2. Шефтер, Я. И. Изобретателю о ветродвигателях и ветроустановках / Я. И. Шефтер, И. В. Рождественский. – Москва: Минсельхозиздат, 1957. – 157 с. – Текст : непосредственный.

3. Земсков, В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК: учебное пособие / В. И. Земсков. – Москва: Лань, 2014. – 368 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Кокорин И. Н., ассистент кафедры «Технология машиностроения».

ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ СОЛНЕЧНОЙ ГЕНЕРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Милованов Т. Е.

Томский политехнический университет, г. Томск

В настоящее время, одной из проблем возобновляемых источников энергии является сложность точного определения ожидаемой генерации для проведения технико-экономической оценки целесообразности строительства солнечной электростанции (СЭС). Также, отсутствуют отечественные расчетные комплексы для подобных вычислений.

На примере данных, полученных от компаний «Nevel» и «Unigreen Energy», был произведен сравнительный анализ оценки ожидаемой генерации, показавший значительное расхождение с собственным расчетом компании «Газпромнефть Энергосистемы» для г. Оренбург, что показало необходимость в усовершенствовании методики расчета.

На первом этапе решения проблемы рассмотрим методику расчета солнечной генерации [1].

Основное влияние на генерацию солнечной панели оказывает инсоляция поверхности земли, значительно изменяющаяся в зависимости от

координат места расположения панели. Меньшее влияние оказывает температура окружающего воздуха. Одновременный учет этих параметров в расчетах позволяет повысить точность оценки генерации. При этом наиболее важны исходные данные: чем больший период они охватывают, тем ближе к реальности будет результат.

Для расчета метеорологических показателей применялась спутниковая база данных [2]. В качестве панели для расчетов использовалась модель 665BMDG китайской компании Risen Solar, характеристики которой взяты из открытых источников [3].

Алгоритм расчета в программном комплексе MS Excel:

1. Обработка метеорологической базы данных для региона расположения электростанции.

2. Создание модели ожидаемой почасовой инсоляции и температуры для одного типового дня каждого месяца года.

3. Расчет генерации солнечной электростанции для одного типового дня каждого месяца года.

4. Оценка ожидаемой годовой генерации.

Также создана математическая модель в пакете MatLAB Simulink, состоящая из массива солнечных панелей, инвертора, трансформатора, линии электропередачи, нагрузки и энергосистемы и представленной на рисунке 1. При проведении моделирования использовались данные первых двух пунктов алгоритма расчета, приведенного выше.

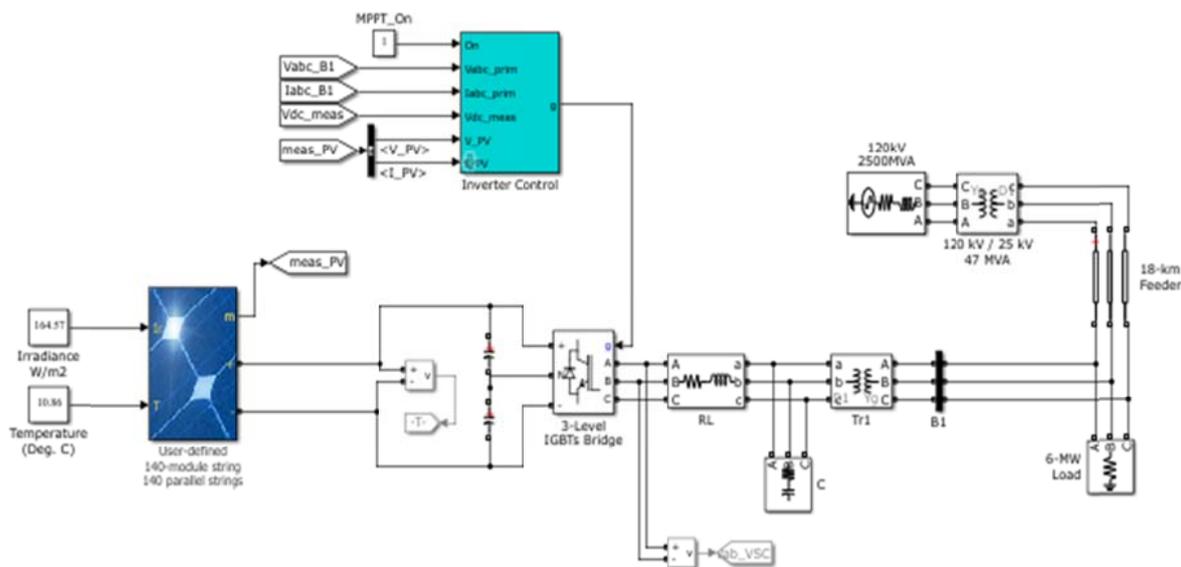


Рисунок 1. Математическая модель работы СЭС и энергосистемы

Результаты моделирования энергобаланса для типового дня в июне приведены на рисунке 2.

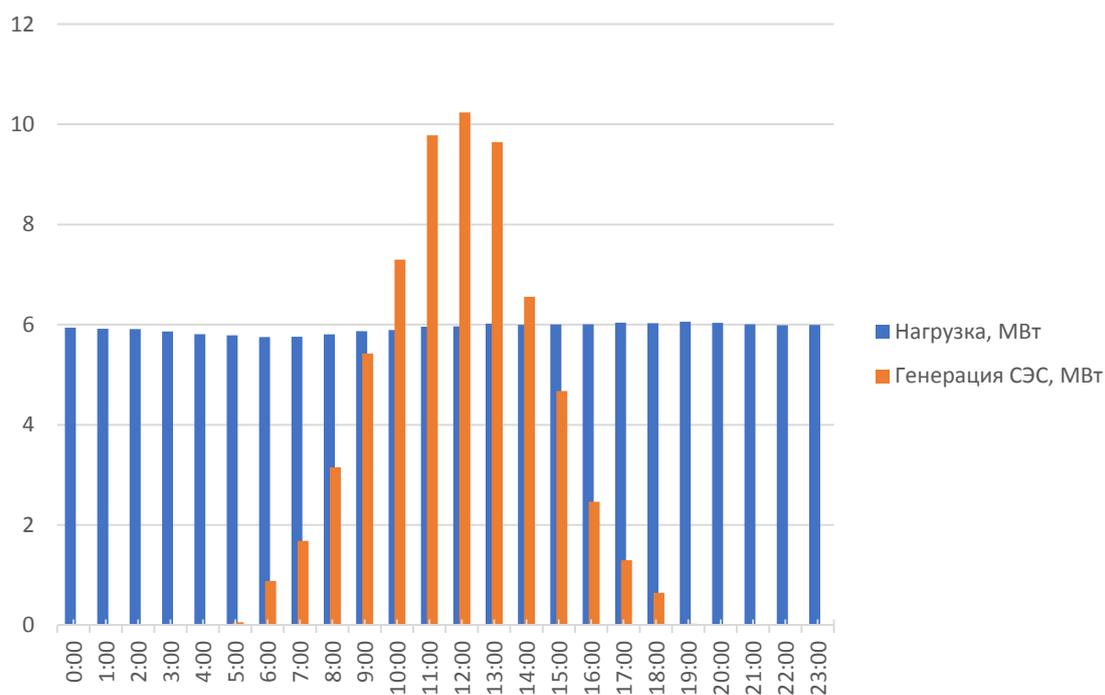


Рисунок 2. Энергобаланс СЭС 13 МВт и нагрузки 6 МВт в июне

Результаты расчета и моделирования для электростанции в расчетном регионе г. Оренбург и установленной мощности 13 МВт приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение результатов оценки солнечной генерации

Методика расчета	Ожидаемая годовая генерация, МВт*ч	Ожидаемая перевыработка в летнее время при средней нагрузке 6 МВт, МВт*ч
Газпромнефть Энергосистемы	22000	-
Nevel	20000	-
Unigreen Energy	16500	2000
Excel	19600	3600
MatLAB	11100	1400

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

- Совмещение нескольких цифровых инструментов позволяет сделать точный вывод о наличии перевыработки мощности при проектировании СЭС.
- Существует проблема в определении ожидаемой генерации СЭС, т. к. различные методики показывают различные результаты;

- При этом оценка ожидаемой генерации при помощи Excel показывает результаты, сопоставимые с результатами оценки профильными компаниями.

Библиографический список

1. Обухов, С. Г. Имитационная модель режимов работы автономной фотоэлектрической станции с учетом реальных условий эксплуатации / С. Г. Обухов, И. А. Плотников. – Текст : электронный // Известия ТПУ. – 2017. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-model-rezhimov-raboty-avtonomnoy-fotoelektricheskoy-stantsii-s-uchetom-realnyh-usloviy-ekspluatatsii> (дата обращения: 20.10.2022). – Текст : электронный.
2. NASA POWER: Data Access Viewer : [сайт]. – URL : <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (дата обращения: 10.07.2022). – Текст : электронный.
3. Risen Energy: [сайт]. – URL : https://risenenergy.com/uploads/20220813/HSA_RSM132-8-640-665BMDG%20IEC1500V-35mm%202022H1-4-EN.pdf (дата обращения: 08.09.2022). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Разживин И. А., канд. техн. наук, доцент.

АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

*Молоков А. М., Казанцев Н. К., Колесникова Д. А.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург*

Введение. Сложно не согласиться с тем фактом, что в современном мире научный и технический прогресс развиваются с поразительной скоростью. Однако, успехи в мире науки и инновационных технических решений бок о бок идут со значительным ростом потребителей электрической энергии. Доля возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе в период с 2020 по 2021 г. составила 28.1 % [1], что, с одной стороны, говорит о бесспорном росте доли чистой электроэнергии на мировом рынке, а с другой, что до сих пор, даже с учетом энергии, получаемой от АЭС, доля мировой электроэнергии, полученная от энергоресурсов, оставляющих значительный углеродный след, составляет более 50 %, в конечном счете неся существенный сопутствующий ущерб для окружающей среды. Одним из ключевых недостатков доступных любому

человеку возобновляемых источников энергии, является их непостоянность и непредсказуемость. Другими словами, несвоевременное отсутствие солнца на небе для эксплуатации солнечных электростанций или ветра для раскручивания ротора ветрогенератора может стать неприятной неожиданностью для конечного потребителя электроэнергии. Данный нюанс в значительной степени является проблемой для полномасштабного перехода на возобновляемые источники энергии. Однако, резервирование энергии как средство повышение надежности электроснабжения может стать решением этой проблемы. В данной статье будут рассмотрены методы аккумуляирования электрической энергии во время отсутствия нагрузки потребителя, и процесс ее извлечение в случае необходимости. Ниже представлены типы накопителей электроэнергии и принцип их устройства [2].

Индуктивные накопители на сверхпроводниках. Принцип действия системы сверхпроводящего магнитного хранилища энергии основан на хранении энергии в магнитном поле, создаваемом потоком постоянного тока в сверхпроводящей катушке, криогенно охлажденной до температуры ниже критической температуры сверхпроводимости. Заряженная сверхпроводящая катушка может хранить энергию бесконечно, так как ток в ней не затухает из-за отсутствия электрических потерь.

Суперконденсаторы. Электроды данного электрохимического устройства с органическим или неорганическим электролитом имеют различную проводимость: один электрод обладает ионной проводимостью, а другой – электронной. Таким образом, в процессе заряда конденсатора происходит разделение электронов и положительных центров в электронном проводнике, и разделение катионов и анионов в ионном проводнике. Заряд в таком случае сохраняется на границе раздела этих особых проводников. В совокупности все это дает малые габариты и незначительную деградацию устройства во время эксплуатации.

Никель-кадмиевые аккумуляторы (Ni-Cd). Электрическую энергию эти аккумуляторы производят благодаря обратимому процессу взаимодействия кадмия с оксидом-гидроксидом никеля и водой, в результате которого образуется гидроксид никеля и гидроксид кадмия, обуславливающий появление электродвижущей силы. Один никель-кадмиевый элемент способен выдавать напряжение около 1,2 вольта, и поэтому для увеличения напряжения и мощности батарей в их конструкции применяется множество параллельно соединенных электродов, разделенных сепараторами.

Литий-ионные аккумуляторы (Li-Ion). Литий-ионный аккумулятор имеет следующий принцип действия: при заряде аккумулятора происходит внедрение иона лития в активный материал отрицательного электрода и одновременная экстракция иона лития из активного материала положительного электрода; при разряде имеют место обратные реакции. Используемые активные материалы обладают способностью обратимо внедрять ионы лития и так же обратимо обеспечивать их экстракцию.

Зависимости максимального числа циклов заряда-разряда в течение срока службы для некоторых типов электрохимических накопителей представлены на рисунке 1.

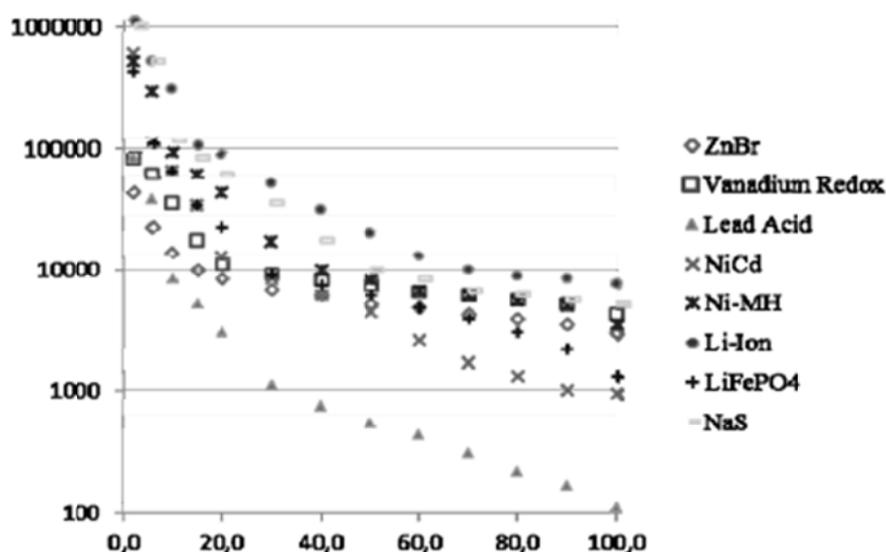


Рисунок 1. Зависимости количества циклов заряда-разряда от глубины разряда (%) для некоторых типов электрохимических аккумуляторов

Гидроаккумулирующие станции. Принцип действия гидроаккумулирующих станций основан на использовании в своей системе комплекса генераторов и насосов. В момент переизбытка энергии ее излишек может быть направлен на питание насоса, перекачивающего воду из нижнего бьефа ГАЭС в верхний бьеф. В часы пиковой нагрузки, когда спрос на электроэнергию повышается, вода из верхнего бьефа сбрасывается в нижний бьеф, тем самым конвертируя свою кинетическую энергию в механическую энергию вращения ротора генератора электрической энергии.

Системы аккумулирования с помощью сжатого воздуха. Данные системы основаны на использовании излишков электроэнергии для закачки сжатого до высоких давлений (сотни атм.) воздуха в подземные герметичные полости [3]. Вывод энергии осуществляется при подаче сжатого воздуха в традиционные газовые турбины, обеспечивая генерацию электроэнергии с высокой эффективностью за счет отсутствия необходимости дополнительного сжатия воздуха.

Системы с инерционным накопителем. Инерционный накопитель энергии – это устройство, которое накапливает энергию во вращающейся массе. Такой тип накопителя состоит из маховика и системы подвода и отвода энергии. Разгон тела вращения происходит за счет подключения к источнику энергии. После отключения накопленная энергия хранится достаточно долгое время и при необходимости используется.

Заключение. Непостоянство погодных условий и трудность в их предсказании ставит под вопрос гарантированность ВИЭ генерации как средства обеспечения резервной мощности. Данная проблема решается при условии широкого внедрения систем накопления энергии. Активное применение этих технологий уже в наше время позволяет накопить опыт их эксплуатации, отработать алгоритмы и законы управления ими. Свойство разделения во времени процессов генерации и потребления электроэнергии, присущее накопителям, поможет им произвести революцию в повышении надёжности и эффективности ВИЭ генерации.

Библиографический список

1. Enerdata : Данные о мировой энергетике и климате : [сайт]. – URL : <https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 19.10.2022). – Текст : электронный.
2. Чудновец, С. П. Накопители электрической энергии для систем генерирования электрической энергии (аналитический обзор) / С. П. Чудновец, С. А. Харитонов. – Текст : электронный // Научный вестник НГТУ. – 2013. – № 1(50). – С. 164-172.
3. Бабаев, Б. Д. Разработка и исследование энергосистем на основе возобновляемых источников с фазопереходным аккумулярованием тепла : специальности 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы» : дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Волшаник ; ДГУ. – Махачкала, 2016. – 345 с. – Текст : непосредственный.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Мостовой В. Ю.¹, Овсянникова Е. А.²

РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва¹; Институт механики и энергетики имени В. П. Горячкина, г. Москва².

Альтернативные источники энергии с каждым днем получают все более широкое применение, так как они неиссякаемые и научиться их использовать без вреда для экологии и окружающей среды очень перспективно.

При современных темпах развития производства и освоении углеродных ресурсов вопросы охраны окружающей среды являются очень важными, так как при повсеместном внедрении химических технологий, производства новых химических продуктов, увеличиваются выбросы в атмосферу вредных для жизни человека веществ. В настоящее время идет активный поиск новых путей в решении энергетических и экологических проблем [1].

Альтернативные источники энергии – это устройства, позволяющие получать электрическую энергию (или другой вид энергии) и заменяющий собой традиционные источники энергии, работающие на нефти, природном газе и угле. Для эффективного использования альтернативных источников энергии необходимо включать в подготовку инженерных кадров новейшие технологии и оборудование [2].

Поскольку климат нашей страны очень разный и из года в год возможны, как и засухи, так и не прекращающиеся ливневые дожди с ветром, поэтому предугадать от какого источника альтернативной энергии можно будет получить вырабатываемую энергию в полном объеме довольно сложно.

Мы предлагаем использовать комбинирование альтернативных источников энергии, в частности: солнечную энергию, энергию ветра и дождя. Сравнительная характеристика которых представлена в таблице 1.

Солнечная энергия

Использование солнечной энергии возможно благодаря солнечным батареям и коллекторам. Один из типов солнечных панелей представлен на рисунке 1. В настоящее время применяются фотоэлектронные источники солнечных батарей:

- монокристаллические – дороже, но с КПД 13-25 %, особенно в ясную погоду;
- поликристаллические – дешевле, с КПД 9-15 %, но при этом способны вырабатывать энергию в облачную погоду.

Таблица 1

Сравнительная характеристика альтернативных источников энергии

Источник	Показатели	Цена	Срок службы	КПД
Солнечная панель	325Вт (24В)	10000р	25-30 лет	9-25 %
Ветротурбина	300-1000Вт(24В)	60000р	15-25 лет	18 %
Электросмачивание	-	-	-	12 %



Рисунок 1. Солнечная панель

Следующий вид альтернативного источника энергии это ветрогенераторы, внешний вид которых представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. Ветрогенератор

Ветрогенераторы бывают:

малолопастные – обладают высоким КПД, при скорости ветра от 5,5 м/с;

многолопастные – работают при скорости ветра от 2 м/с, КПД более низкий;

роторные – их лопасти движутся по кругу, работают при постоянном ветре, КПД от 18 %.

Так же сейчас начинает развиваться такой источник получения энергии, как получение энергии из падающих капель дождя. Пусть получаемая энергия сейчас не так высока, но в дальнейших развитиях планируется, что она не будет уступать известным сейчас альтернативным источникам энергии.

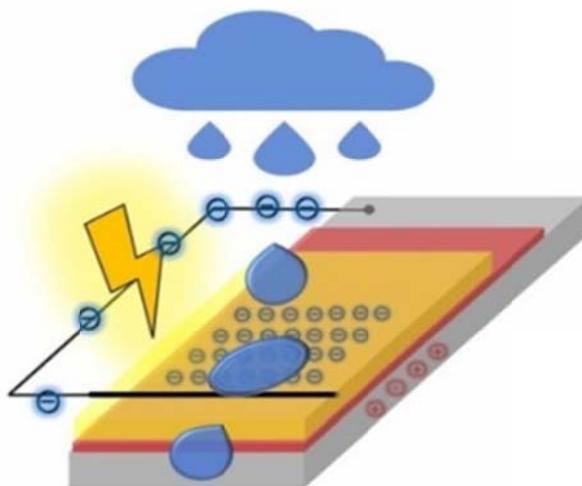


Рисунок 3. Принцип электросмачивания

Принцип работы нового устройства базируется на явлении электросмачивания.

Капля дождя, попадая на новый генератор, удерживается на нем за счёт электросмачивания. В это же время внутри генератора происходит перераспределение зарядов.

Таким образом каждое падение маленькой капли приводит к тому, что в генераторе начинает протекать слабый ток.

КПД данной установки равняется примерно 12 %, что весь сопоставимо с получением энергии из других более доступных станций [3].

В итоге мы получаем 3 различных источника энергии, которые могут друг друга замещать в зависимости от погодных условий, что позволяет всегда получать энергию.

Вывод: энергия необходима для всех технологических процессов на производстве и чем дешевле будут затраты на получение электроэнергии, тем дешевле будет себестоимость производимой продукции. Снижение электропотребления при производстве сельскохозяйственной продукции можно заранее рассчитать и достичь, используя энергоустановки с высокими коэффициентами полезного действия и технологии производства сельскохозяйственных [4].

Библиографический список

1. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. – Москва: ИНЭИ РАН – АЦ при Правительстве РФ, 2013. – 110 с. – Текст : непосредственный.
2. Безруких, П. П. Нетрадиционная возобновляемая энергетика в мире и России. Состояние, проблемы, перспективы / П. П. Безруких Д. С. Стребков. – Текст : непосредственный // Энергетическая политика. – 2008. – № 3. – С. 3-13
3. Чистова, Я. С. Интенсификация процесса подготовки инженеров для агропромышленного комплекса / Я. С. Чистова, Л. В. Занфирова, Т. П. Коваленок. – Текст : непосредственный // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2020. – С. 492-498.
4. Овсянникова, Е. А. Определение электропотребления приемников и потребителей электрической энергии / Е. А. Овсянникова, В. И. Загинайлов, Е. А. Мамедов. – Текст : непосредственный // Передовые достижения в применении автоматизации, роботизации и электротехнологий АПК : сборник статей научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАСХН, д.т.н., профессора И.Ф. Бородина (90 лет со дня рождения). – Москва, 2019. – С. 274-284.

Научный руководитель: Овсянникова Е. А. старший преподаватель.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

Овсянникова Е. А.

РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва

В настоящее время актуальной является проблема нахождения ресурсов для получения электроэнергии, так как для производства во всех сферах деятельности невозможно без использования электрической энергии. Чем дешевле будет стоимость затраченной электроэнергии, тем меньше себестоимость производимой продукции и больше прибыль. Далее предлагается рассмотреть применение ветрогенераторов для получения электрической энергии. Ветер используется в современных ветровых турбинах для выработки энергии, ВЭУ (ветроэлектрическая установка) может использоваться для электроснабжения, например птичника, так на производственные процессы в нем тратится достаточно большое количество электроэнергии. Например, на освещение клеток при содержании 1000 голов птиц расходуется примерно 15-18 тыс. руб./мес. Так же можно использовать энергию ветра для работы электрофильтров в птичнике[1].

Ветрогенератор – установка, преобразующая кинетическую энергию в механическую с последующим её преобразованием в электрическую. Принцип действия: ветер крутит лопасти ветряка, приводя в движение вал электрогенератора. Генератор же вырабатывает электрическую энергию. Энергия переходит по кабелю через силовой шкаф, который находится в основании ВЭУ. Мачты в большинстве случаев имеют большую высоту, благодаря чему сила ветра используется в полном объеме. Внешний вид ВЭУ представлен на рисунке 1.

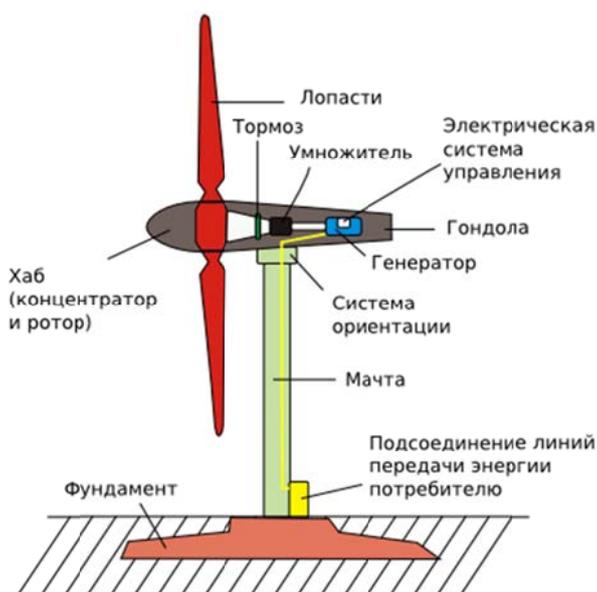


Рисунок 1. Ветроэлектрическая установка

Основная часть ВЭУ – ротор, который передает вращающий момент на генератор. Это часть конструкции, которая кроме прочности и надежности имеет высокую чувствительность.

При проектировании ветряной электростанции большое значение имеет её территориальное размещение, первоначально производится анализ местности: сила и направление ветра, как близко расположены леса и населённые пункты. Эти данные позволяют определить примерный срок окупаемости электростанции и количество производимой электроэнергии.

Преимуществом ветрогенераторов является возможность обеспечить любого потребителя электроэнергией вне зависимости от места нахождения магистральных линий. К недостаткам можно отнести непостоянство погодных условий и потоков ветра [2].

Данный тип электроустановок не производит выбросов в атмосферу вредных и загрязняющих веществ, а так же не нуждается в снабжении топливом или любым другим ресурсом.

Ветрогенераторы в России целесообразно устанавливать на юге страны, а также на Дальнем Востоке, а именно в Хабаровском крае и Приморье, потому что там преобладают более менее постоянные ветра

Ветер и солнце – естественные, экологически чистые и безотходные источники энергии. В настоящее время, когда потенциал природных ресурсов истощается, производство ветрогенераторов набирает обороты.

Каждый ветрогенератор мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 тонн углекислого газа, 9 тонн оксида серы, 4 тонн оксида азота. Возможно, переход к ветроэнергетике позволит повлиять на скорость уменьшения озонового слоя, и, соответственно, на темпы глобального потепления. Диаграмма в процентном соотношении приведена на рисунке 2.

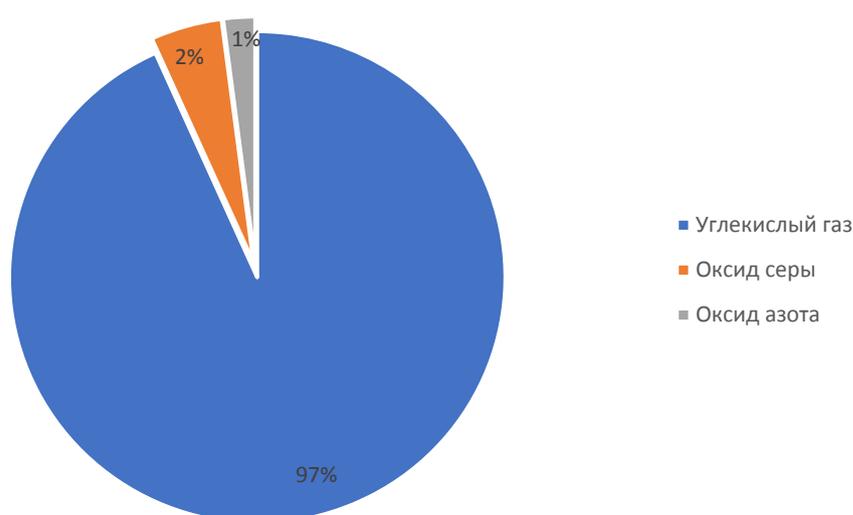


Рисунок 2. Количество выбросов в атмосферу вредных веществ

Кроме того, ветроустановки, в отличие от тепловых электростанций, производят электроэнергию без использования воды, что позволяет сократить эксплуатацию водных ресурсов. Также ветрогенераторы производят электроэнергию без сжигания традиционных видов топлива, это позволяет сократить спрос и цены на топливо. Для подготовки квалифицированных специалистов необходимо включать в рабочие программы профессиональных предметов современное оборудование и средства [3].

Библиографический список

1. Юферев, Л. Ю. Совершенствование процессов обеззараживания и обеспыливания воздушной среды сельскохозяйственных помещений на основе электрофльтрации воздуха / Л. Ю. Юферев, Д. М. Селезнева. – Текст : непосредственный // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 5. – С. 42-48.
2. Стоцкий, К. С. Строение и принцип работы ветрогенератора / К. С. Стоцкий. – Текст: непосредственный // Наука через призму времени. – 2019. – № 10. – С. 31-33.
3. Бердышев, В. Е. Проблема обеспеченности агропромышленного комплекса России инженерными кадрами / В. Е. Бердышев, Н. В. Скороходова, Я. С. Чистова. – Текст : непосредственный // Агроинженерия. – 2020. – № 6 (100). – С. 74-80.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

Подкорытов Д. Д.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Северные районы Российской Федерации – это специфический географический регион с экстремальными климатическими условиями, уязвимой окружающей средой, но довольно интенсивно продолжающейся индустриализацией. Север требует альтернативных решений для обеспечения энергоснабжения потребителей энергии из-за растущего спроса на энергию и мелкомасштабного децентрализованного характера энергоснабжения. На данный момент большая часть энергопотребления в северных регионах покрывается за счет ископаемых энергоресурсов. Однако, технологии использования возобновляемых источников энергии могут быть эффективно внедрены для покрытия потребностей небольших децентрализованных потребителей энергии в северных районах.

На данный момент выделяют несколько основных объектов энергетики на основе возобновляемых источников (Таблица 1) [1].

Объекты и источники возобновляемой энергии

Объекты энергетики	Источник энергии
Малые ГЭС (МГЭС)	Движение воды в реке
Солнечные электростанции (СЭС)	Электромагнитное излучение Солнца
Ветряные электростанции (ВЭС)	Кинетическое движение ветра
Сжигание возобновляемого топлива	Химическая энергия возобновляемого топлива
Водородная энергетика	Использование водорода в качестве средства для аккумулирования, транспортировки, производства и потребления энергии

В настоящее время главными причинами сдерживания для использования возобновляемой энергетики в северных регионах являются недостаточный уровень транспортной инфраструктуры, дороговизна строительства и внедрение в уже существующие системы энергоснабжения. Одним из самых простых объектов энергетики в северных регионах для охвата различных по мощности потребителей могут быть модульные ветровые электростанции. Общая мощность таких установок должна составлять порядка 250 кВт, при этом на саму ветровую установку может приходиться порядка 50-100 кВт. Установка должна быть адаптирована к низким температурам, ураганам ветрам и обледенению. Установка должна производиться под сложный мерзлый грунт, а сама конструкция должна учитывать сложные условия доставки и возможность обслуживания без привлечения высококвалифицированных специалистов. Производство таких модулей возможно наладить в России, учитывая факт сотрудничества с Китаем, имеющим огромный опыт в создании возобновляемых источников энергии. Именно Китай, по утверждению Международного энергетического агентства, «может получить мировое господство в возобновляемой энергетике и стать лидером в создании возобновляемых источников энергии» [2]. Однако, отмечается невысокая заинтересованность местных органов и крупных нефтегазовых компаний в финансировании использования альтернативных источников энергии. Несомненно, коммерческая эксплуатация таких объектов оправдывает вложенные средства уже через несколько лет, даже при условии затрат на обслуживание.

Эффективность действия методов добычи энергии можно рассмотреть на примерах экспериментальных установок в городе Лабытнанги, в котором запущена экспериментальная ВЭС мощностью 250 кВт. Оборудование этой установки полностью адаптировано для работы в северных условиях. Сейчас ветровая установка работает совместно с крупной газовой электростанцией, но такой эксперимент поможет приобрести опыт работы в северных условиях. По результатам работы уже можно сделать вывод об эффективности и надежности этой станции [3].

Таким образом, направлением развития возобновляемых источников энергии в северных регионах в краткосрочной перспективе должна стать распределенная энергетика. Использование возобновляемых источников энергии не является приоритетным по сравнению с традиционной энергетикой, однако возможность преодоления погодно-климатического барьера через применение инновационных адаптированных технологий генерации энергии даст толчок к развитию возобновляемой энергетике. В заключение можно привести слова геолога-нефтяника Кеннета Деффейса: «In a sense, the fossil fuels are onetime gift that lifted us up from subsistence agriculture and eventually should lead us to a future based on renewable resources» [4], что в переводе означает «ископаемые источники энергии – это лишь переходный этап к альтернативным источникам энергии».

Библиографический список

1. Международное энергетическое агентство Возобновляемая энергия в России от возможности к реальности / Международное энергетическое агентство. – Париж, 2008. – 120 с. – Текст: непосредственный.
2. ECO portal : Китаю предсказали мировое господство в зеленой энергетике : [сайт]. – URL : <https://ecportal.su/news/view/113665.html> (дата обращения: 5.10.2022). – Текст : электронный.
3. ВЭУ в г. Лабытнанги. – Текст : электронный // Передвижная энергетика.рф : официальный сайт. – URL : <http://передвижная-энергетика.рф/projects/veu-v-g-labytnangi/> (дата обращения : 11.10.2022).
4. Renewable energy in the arctic / WWF Global arctic programme. – Ottawa, 2015. – 23 p. – Text : direct.

Научный руководитель: Гриднева Б. О., старший преподаватель.

ПРИМЕНЕНИЕ АЦЕТАЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

Сафина Д. Н., Хуснутдинов И. Ш., Сафиулина А. Г.

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань

В настоящее время все больше внимания уделяется поиску альтернативного возобновляемого сырья для производства энергии и топлив. Это связано с нестабильной ситуацией на нефтяном рынке, истощением запасов ископаемых сырьевых ресурсов, а также необходимостью снижения негативного воздействия на окружающую среду, которое оказывают нефтяные топлива в процессе их производства и эксплуатации [1].

К альтернативным возобновляемым источникам энергии относятся энергия солнца, ветра и биомассы. На основе сырья растительного и животного происхождения могут быть получены различные кислородсодержащие соединения, которые при добавлении к топливам оказывают положительный эффект на физико-химические и эксплуатационные характеристики. Из биомассы могут быть получены эфиры, спирты, а также ацетали, которые могут быть интегрированы в существующую систему топливо- и энергоснабжения. В данной работе приведен анализ применения кислородсодержащих соединений, а именно ацеталей, в качестве компонентов моторных топлив.

Низшие ацетали – жидкости с фруктовым запахом, растворимые в органических растворителях и нерастворимые в воде. Известно их применение в качестве компонентов традиционных моторных топлив, чаще всего дизельных (ДТ).

Одним из простейших представителей низших ацеталей является метилаль (диметоксиметан, ДММ). Основным сырьем для его получения является синтез-газ. Многие исследователи отмечают, что данное соединение обладает хорошей воспламеняемостью и улучшает низкотемпературные свойства топлив. Результаты экспериментов, проведенных на двигателе, показывают, что увеличение количества метилаля в топливной смеси приводит к повышению термического КПД, снижению образования сажи, дыма и оксида углерода в выхлопных газах. Выбросы оксидов азота практически не меняются, однако количество несгоревших углеводородов немного увеличивается. Производительность двигателя и выбросы при использовании смесей дизельное топливо/ДММ могут быть оптимизированы за счет регулирования момента впрыска топлива.

При этом стоит учитывать, что некоторые свойства метилаля имеют отклонения от требований, указанных в стандартах на моторные топлива. Диметоксиметан характеризуется низкой вязкостью (0,33 сСт), что не позволяет увеличивать его содержание в составе топливных смесей, а низкая теплота сгорания ДММ (23-25 МДж/кг), может привести к резкому росту расхода топлива [2].

Схожие результаты демонстрирует диэтоксиметан в качестве топливной добавки. Данное соединение образуется в процессе конденсации этанола и формальдегида или путем более перспективного синтеза с использованием этанола, углекислого газа и водорода. Диэтоксиметан обладает хорошей воспламеняемостью, его использование приводит к снижению сажи, выбросов оксидов азота и увеличению термического КПД двигателя [3].

Этанол, как известно, нашел широкое применение в качестве компонента бензинов, но не пригоден для использования в дизельных двигателях, однако на его основе может быть получен диэтилацеталь (1,1-диэтоксиэтан), в большей степени совместимый с дизельным топливом.

Диэтилацеталь получают из ацетальдегида путем взаимодействия с этанолом-ректификатом. В реакции в основном используются катализаторы кислотного типа, также применяется инертный растворитель, нерастворимый в воде. В работе [4] авторы указывают на хорошие эксплуатационные характеристики смесей дизельного топлива с диэтоксиэтаном и снижение вредных веществ в выхлопных газах. В качестве недостатка исследуемых смесей отмечается снижение температуры вспышки и небольшое увеличение расхода топлива. В работе [5] отмечается, что 1,1-диэтоксиэтан может быть использован в качестве компонента нефтяного дизельного топлива при концентрациях до 15 % об. Указанный предел выбран в связи с тем, смеси в таком соотношении удовлетворяют требованиям ГОСТ 305-2013 Топливо дизельное. Технические условия. Особое внимание авторы уделяют повышению цетанового числа, улучшению низкотемпературных свойств топливных композиций и облегчению фракционного состава.

В статье [6] изучаются свойства циклических ацеталей: 2,2-диметил-1,3-диоксолан (ДМД), 2,2,4-триметил-1,3-диоксолан (ТМД), (2,2-диметил-1,3-диоксолан-4-ил) метанол-золькеталь (ДДМ). Данные соединения получают из полиолов. В ходе исследования были приготовлены смеси указанных циклических ацеталей с дизельным топливом до 1%об. и проведена их комплексная оценка. Наиболее перспективной отмечается добавка ДДМ и ТМД в соотношении 1:1, которая приводит к повышению цетанового числа дизельного топлива, снижению выбросов оксидов азота. Вязкость и плотность при добавлении компонентов к дизельному топливу изменяется в допустимых пределах.

Так же интересным направлением для исследований является возможность использования ацеталей глицерина в качестве топливных компонентов, так как в настоящее время образуется избыточное количество отходов, содержащих большое количество глицерина, в процессе производства биодизеля. Помимо экономической целесообразности, применение производных глицерина позволяет оптимизировать характеристики топлив, улучшить антидетонационные и низкотемпературные свойства, снизить образование твердых частиц и смолы [7].

Таким образом, многочисленные исследования, посвященные применению различных ацеталей в качестве добавок к моторным топливам, демонстрируют в основном положительные результаты и подтверждают перспективность использования ацеталей в топливных композициях.

Библиографический список

1. Традиционные и альтернативные источники сырья для получения моторных топлив / Д. Н. Сафина, И. Ш. Хуснутдинов, А. Г. Сафиулина [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 6. – С. 26-40.

2. Effect of dimethoxymethane (DMM) additive on combustion and emission characteristics under different working conditions in CI engines / M. Pan, W. Qian, Y. Wang [et al.]. – Direct text // Fuel. – 2021. – № 284. – 119-304.

3. Lehrheuer, B. Diethoxymethane as tailor-made fuel for gasoline controlled autoignition / B. Lehrheuer. – Direct text // Proc. Combust. Inst. – 2019. – Vol. 37, № 4. – P. 4691-4698.

4. Oxygenated additives production for diesel engine emission improvement / F. Frusteri, L. Spadaro, C. Beatrice, C. Guido. – Direct text // Chemical Engineering Journal. – 2007. – Vol. 134, № 4. – P. 239-245.

5. Исследование 1,1-диэтоксизтана как компонента дизельного топлива / И. Ш. Хуснутдинов, А. М. Ахметзянов, В. И. Гаврилов [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. – 2009. – №11(52). – С. 119-122.

6. Mono- and bimetallic nano-Re systems doped Os, Mo, Ru, Ir as nanocatalytic platforms for the acetalization of polyalcohols into cyclic acetals and their applications as fuel / M. Kapkowski, J. Popiel, T. Siudyga, M. Dzida. – Direct text // Applied Catalysis B: Environmental. – 2018. – Vol. 239. – P. 154-167.

7. Trifoi, A. Glycerol acetals and ketals as possible diesel additives. A review of their synthesis protocols / A. Trifoi, P. Agachi, T. Pap. – Direct text // Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2016. – Vol. 62. – P. 804-814.

Научный руководитель: Хуснутдинов И. Ш., д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент АН РТ

ТЕКУЩИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КАК ДВИЖУЩАЯ СИЛА ЯДЕРНЫХ ИННОВАЦИЙ

Хлифа Р. Х.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск*

Энергия имеет основополагающее значение для жизни человека. растущий глобальный спрос, а также дефицит и воздействие на окружающую среду, связанные с традиционными источниками, лежат в основе очень вероятного энергетического кризиса в следующие два-три десятилетия. Нет сомнений в том, что изменение климата является одной из величайших проблем нашего времени. Концентрация парниковых газов в атмосфере резко возросла за последние 150 лет, особенно двуокиси углерода (CO₂), закиси азота и метана.

С зарождения человечества и до начала промышленной революции в начале девятнадцатого века единственными доступными источниками пер-

вичной энергии были древесина и другая природная биомасса. С развитием паровых машин уголь стал использоваться в качестве источника энергии и продолжает оставаться важным источником первичной энергии. Позже, с широким распространением автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, требующими жидкого топлива, нефть и ее побочные продукты стали основным источником энергии. Наконец, за последние полвека природный газ стал важной составляющей в производстве электроэнергии и тепла для промышленных и бытовых нужд. Огромное распространение ископаемых видов топлива как первичных источников энергии имеет ряд важных последствий: во-первых, они распределены неравномерно; две трети доказанных запасов нефти находятся в пяти-шести странах Ближнего Востока. Во-вторых, это невозобновляемые ограниченные ресурсы. В-третьих, этого сырья недостаточно. В настоящее время; ведутся споры о количестве доступной нефти. Наконец и самое главное; При сжигании ископаемого топлива образуется большое количество атмосферного CO_2 . Этот газ является одним из тех, которые производят парниковый эффект и тем самым способствуют глобальному потеплению. Возможно, одной из важнейших задач на ближайшие десятилетия станет значительное увеличение доли возобновляемых источников энергии; однако, хотя возобновляемые источники энергии, такие как ветер и солнечная энергия, являются устойчивыми, у них есть недостатки, а именно высокая стоимость и нестабильность.

Наряду с ископаемым топливом и возобновляемыми источниками энергии ядерная энергетика в настоящее время является важным источником энергии. В Европе 30 % электроэнергии вырабатывается атомной энергетикой. Ядерная энергия имеет ряд преимуществ, которые делают ее наиболее привлекательным источником энергии будущего. из них его полная независимость от любых условий окружающей среды, и он не является прерывистым, что позволяет, например, заводу иметь очень высокий процент часов работы в год; Испанская атомная энергетика в 2007 г. при установленной мощности 7700 МВт выработала почти в два раза больше энергии, чем ветроэнергетика, когда последняя имеет установленную мощность 15100 МВт [1]. Еще одним положительным моментом является его относительная независимость от колебаний цен на уран. Более того, атомная промышленность в настоящее время имеет большой опыт в области безопасности, несмотря на широко распространенное общественное мнение об обратном. На самом деле, в ядерной отрасли действуют одни из самых передовых и строгих протоколов безопасности. Однако низкая стоимость топлива компенсируется инвестициями, необходимыми для строительства электростанций. Еще одним недостатком является образование трудноуправляемых отходов, эта проблема явно превалирует в общественном мнении над более полезными аспектами.

Учитывая текущие энергетические проблемы, будущее значение ядерной энергетике привлекает новое внимание. Инновации необходимы

для разработки и вывода на рынок новых ядерных технологий, которые могут конкурировать на мировых энергетических рынках будущего, будучи более дешевыми, более гибкими и более быстрыми в развертывании, чем технологии вчерашнего дня, сохраняя при этом высокий уровень безопасности. Недавние признаки указывают на то, что темпы инноваций в ядерной отрасли ускоряются, и новая волна инноваций возникает на протяжении всего жизненного цикла атомных электростанций. Разрабатываются новые классы усовершенствованных реакторов, эти усовершенствованные конструкции реакторов могут работать в паре с возобновляемыми источниками, они намного дешевле и сжигают отходы в качестве источника энергии. Малые модульные реакторы (ММР) [2] раньше считались «технологиями будущего», но демонстрационные установки уже запущены или вот-вот будут запущены. Ожидается, что по мере развития все большего числа проектов ММР их роль быстро возрастет в 2030-х и 2040-х годах, и они могут внести огромный вклад в решение энергетических проблем в развивающихся странах с малыми энергетическими системами. Усовершенствованное топливо повышает безопасность ядерных операций и дает возможность увеличить время цикла, модернизировать оборудование и снизить эксплуатационные расходы. Разрабатываются новые виды топлива, которые могут работать более эффективно при более высоких температурах, например, топливо TRISO устойчиво к экстремальным температурам, намного превышающим порог отказа существующих видов топлива [3]. Среди многих компаний GNF, Framatome и Westinghouse работают над тем, чтобы вывести это новое топливо на рынок в ближайшие годы. Уже предложены устойчивые решения для ядерных отходов, технологии захоронения наиболее опасных ядерных отходов связаны с тем, что сегодня известно как «реакторы четвертого поколения». институты и университеты в России, США и Китае разрабатывают новые концепции, такие как плавучие атомные электростанции, и продвигают новые типы реакторов с жидкостно-солевым охлаждением.

Сегодня самой большой проблемой для ядерных инноваций являются процессы лицензирования и регулирования. Текущий набор процедур был разработан для существующей технологии LWR. Но эти процессы не всегда хорошо подходят для передовых концепций реакторов, в основе которых лежат принципиально разные подходы к достижению приемлемого уровня безопасности. Таким образом, разработчики таких технологий столкнутся с перспективой потратить миллиарды долларов и более на открытый процесс лицензирования без уверенности в результатах. На протяжении десятилетий основной целью финансируемых государством ядерных исследований и разработок во всем мире было расширение базы ресурсов урана. Сегодня гораздо важнее другие цели: снижение себестоимости; снижение бремени захоронения ядерных отходов; упрощение размещения ядерных установок;

и снизить риски для инвесторов. Для ядерной отрасли инновации в структуре рынка, финансировании, регулировании и реализации проектов будут иметь ключевое значение для снижения затрат на новое строительство и содействия разработке усовершенствованных реакторов.

Библиографический список

1. Lopez, C. Current Challenges in Energy /C. Lopez. – URL:<https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/current-challenges-in-energy/>(date of the application : 18.10.2022). – Text: electronic.
2. IAEA. Small modular reactors/AEA. – URL:<https://www.iaea.org/topics/small-modular-reactors> (date of the application: 18.10.2022). – Text: electronic.
3. Innovations Transforming the Nuclear Industry/ Office of Nuclear Energy. – URL: <https://www.energy.gov/ne/articles/3-innovations-transforming-nuclear-industry> (date of the application: 18.10.2022). – Text: electronic.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ

Худайбердиев А. Т.

Уральский государственный университет, г. Екатеринбург

Актуальность. Расточительная растрата ресурсов всегда была одним из болезненных пунктов при организации производства в промышленности. Прежде всего если мы будем внедрять в производство ресурсосбережение, а именно инноваций в капитал предприятия, нового оборудования, новых технологий, высококвалифицированного персонала, то нашим достижением будет не только эффективность с экономической стороны, но и обеспечение решения проблем экологии, имеющих важное значение и находящееся в центре внимания всего мира.

Цель исследования. Ресурсосбережение позволит не только повысить экономическую эффективность предприятия, но и за счет использования возобновляемых источников энергии предотвратить ущерб окружающей среде.

Методы исследования. В этой исследовательской работе при проведении сбора статистических данных использовались методы экономического анализа.

Основные результаты. Сегодня уровень потребления производимых ресурсов а также окружающая среда – ухудшение состояния окружающей среды с нынешней системой промышленности, является одной из больших проблем появившейся во всем мире в 21 веке. Мировая про-

мышленность будет развиваться до 2030 года, когда природные ресурсы будут потребляться на текущем уровне и не будут найдены новые ресурсы или материалы-заменители, 10 миллиардов жителей мира ежегодно выбрасывают 200 миллиардов тонн твердых отходов выбрасываются в природу и эта цифра может похоронить Лос-Анжелес на глубину до 100 метров. По оценкам Всемирного банка, к 2025 году общий объем отходов в мире достигнет 2,2 миллиарда тонн, то есть это почти в два раза больше по сравнению с сегодняшним днем. Кроме того, в городах может увеличиться распространение респираторных заболеваний, вызванных загрязнением окружающей среды.

Наше видение будущего требует пересмотра промышленных масштабов и взаимосвязи в области защиты окружающей среды. Стабильность промышленного производства согласно Граделю (1997), ресурсы должны быть организованы таким образом, чтобы они использовались в той степени, в которой они могут быть восстановлены, или в меньшей степени.

По данным Международного энергетического агентства (МЭА - МЭА), к 2030 году рост их общего потребления первичных энергоресурсов в мире на 54 % больше, чем в 2010 году. Динамично развивающиеся страны с точки зрения темпов роста энергопотребления (Юго-Восточная Азия, КНР, Индия, Россия и т. д.) 1 к середине 2015 года, по данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), 164 страны мира приняли свои национальные цели по развитию возобновляемых источников энергии.

В настоящее время спрос на энергоресурсы во всем мире увеличивается в среднем на 50 % каждые 20-25 лет. В частности, сегодня нам необходимо сократить загрязнение в 10 раз, чтобы потребление энергии такого объема (10 кВт в США) на человека соответствовало 2 кВт энергии в день, чтобы биосфера могла ее увеличить. Поэтому в качестве решения столь актуальной проблемы необходимо обратиться к возобновляемым источникам энергии – "зеленой" и атомной энергетике, то есть к низкоуглеродистой энергии. Возобновляемые источники энергии, зарекомендовавшие себя как высокотехнологичные, надежные и относительно недорогие поставщики энергии, дали мощность 2006 ГВт в соответствии с объемом потребления на конец 2016 года. По сравнению с 2015 годом это сумма больше на 8,7 %. Потребление первичной энергии на человека в среднем в России при этом в 2 раз меньше, чем в США.

В соответствии с решением Парижского соглашения по окружающей среде, подписанного рядом государств, установлено сокращение выбросов углекислого газа в атмосферу, что обеспечивает повышение средней температуры атмосферы Земли не более чем на 1,6 С. На рисунке 1 ниже представлена информация о мощностях возобновляемых источников энергии, установленных ведущими странами мира в 2015 году.

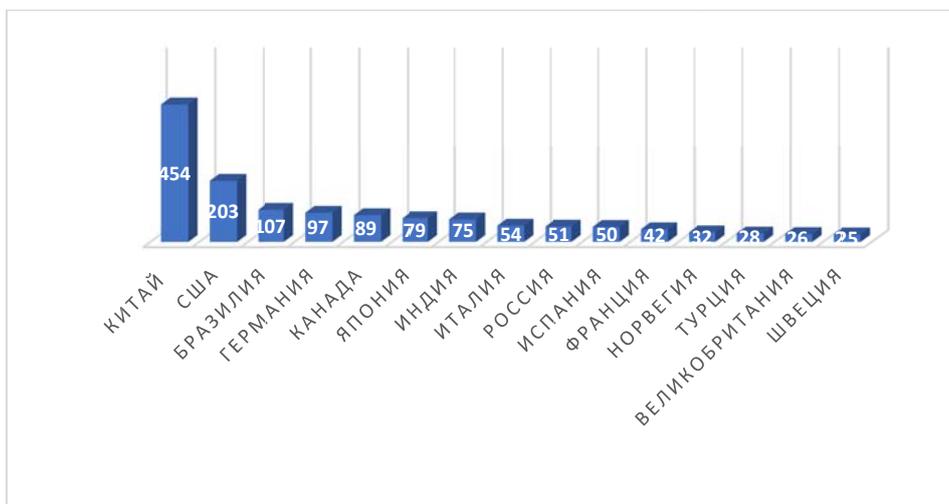


Рисунок 1. Мощности возобновляемых источников энергии, установленные ведущими странами мира в 2020 году (т.у.т.)

Как вы знаете, технический потенциал возобновляемых источников энергии в России составляет около 50 т.у.т в год. Объем энергии, произведенной с использованием альтернативных возобновляемых источников энергии (не считая централизованных ГЭС), составляет менее 7 % улучшения. В развитых странах этот показатель дает долю в 10 % и более от общего объема выработки энергии (Исландия – 95 %, Дания – 50 %, Германия – 28 %).

Большое количество работников в мировой "зеленой энергетике" приходится на китайское государство. Около 3,4 миллиона человек работают в секторе. В Европейском союзе 1,2 миллиона человек работают в секторе возобновляемых источников энергии (следующие места занимают Германия, Великобритания, Испания и Италия). Для сравнения, Соединенные Штаты обеспечили создание 724 тыс.

Солнечная энергия на квадратный метр территории Российской Федерации составляет около 1400 кВт·ч/м², что соответствует показателю около 12,5 тонны т.у.т..

В России насчитывается более 15 тыс. крупной зоны сбора отходов, где в среднем ежегодно собирается более 70 миллионов тонн отходов. Из их фракций с каждой тонны может выделяться до 2500 м³ годового газа, и этот показатель составляет 15 млрд м³ годового газа. Это может быть использовано для производства тепла и электроэнергии.

Вывод. Сегодня на рынке возобновляемых источников энергии в России происходят большие изменения. Российская Федерация в соответствии со своим природным климатом и географическим положением, занимает отстающие позиции в мире по производству и использованию возобновляемых источников энергии.

Для развития в этой отрасли должны быть привлечены не только иностранные инвестиции, но и внутренние финансовые резервы властей, поддержка предпринимателей. Также необходимо разработать правовую базу

для использования государством возобновляемых источников энергии, усовершенствовать законодательную базу. На основе развития этой отрасли можно будет не только внести свой вклад в сохранение окружающей среды, но и создать новые рабочие места в результате экономии ресурсов, выращивать и потреблять экологически чистую продукцию, а также оставить наши природные ископаемые ресурсы для будущих поколений.

Библиографический список

1. Espinosa, L. A. Analysis of energy resources of renewable energy sources and the possibility of their use during drilling operations / L. A. Espinosa. – Текст: непосредственный // Интернаука. – 2021. – № 20. – С. 106-109.

2. Маулуддин, Н. Возобновляемые источники энергии как часть возобновляемых природных ресурсов / Н. Маулуддин. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 8-1. – С. 32-34.

3. Шамсутдинов, А. Р. Экономические проблемы в сфере использования возобновляемых и не возобновляемых источников энергии / А. Р. Шамсутдинов. – Текст: непосредственный // Современные тенденции в экономике и финансах: VI Всероссийской заочной научно-практической интернет-конференция. – Уфа, 2016. – С. 280-283.

**РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ТУРБУЛИЗАТОРОВ
И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Абросимова С. А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Повышение интенсификации теплообмена является важнейшей задачей при проектировании теплообменных аппаратов. Для увеличения интенсивности теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах используют различные виды и формы турбулизаторов [1], либо вставки из пористых материалов [2, 3].

Для изучения эффективности работы комбинированных теплообменных аппаратов на кафедре промышленной теплоэнергетики Тюменского индустриального университета был разработан экспериментальный стенд с двумя видами теплообменников.

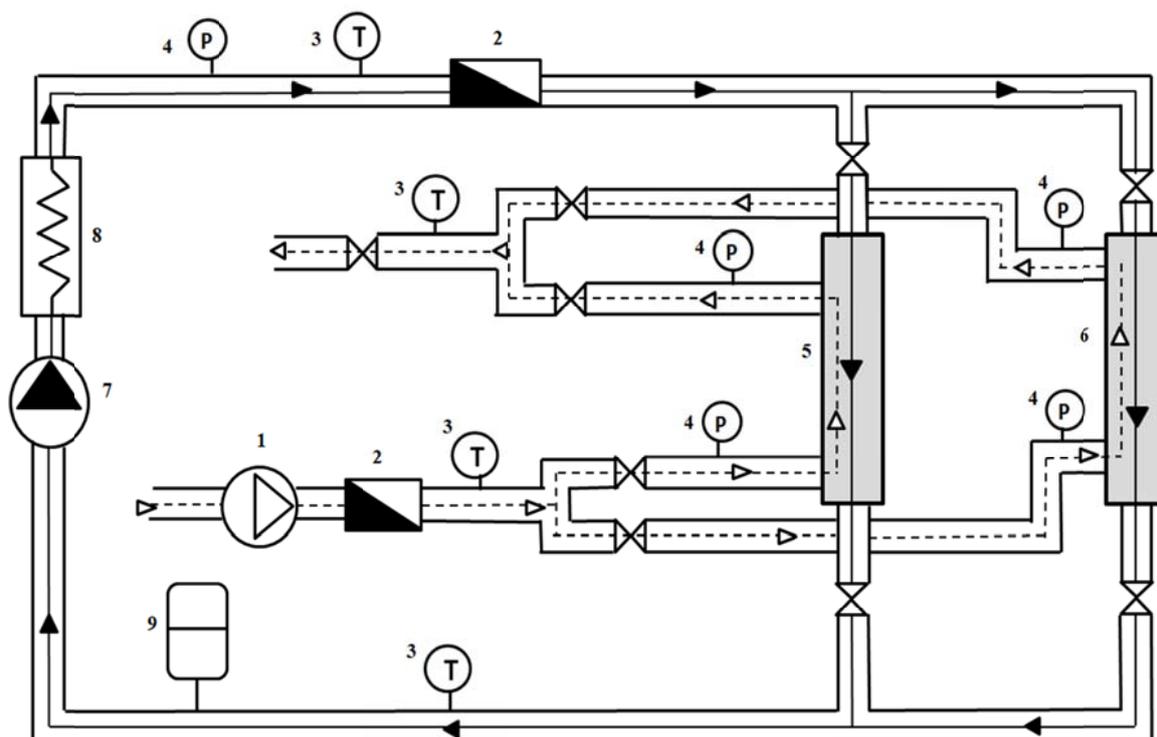


Рисунок 1. Принципиальная схема установки с экспериментальными теплообменниками

- 1 – компрессор, 2 – расходомер, 3 – датчик температуры, 4 – датчик давления,
5 – теплообменник с медными трубками, 6 – теплообменник с пористыми вставками
и турбулизатором, 7 – насос, 8 – котел, 9 – расширительный бак

Описание стенда. Первый экспериментальный теплообменник (6 на рис. 3) представляет собой кожухотрубный теплообменник, внутри которого расположена медная трубка диаметром 30 мм. К внутренним стенкам данной трубки прикреплен спиралевидный медный турбулизатор. По медной трубке течет первый теплоноситель – вода. На трубку нанизано пять цилиндров из пористого алюминия высотой 50 мм и диаметром 50 мм, цилиндры отстоят друг от друга на расстоянии 20 мм второй теплоноситель – воздух поступает через пористый материал противотоком между трубкой и кожухом.

Данный теплообменник сравнивается кожухотрубным теплообменником (5 на рис. 3), внутри которого расположены 19 медных трубок диаметром 4 мм, по которым течет вода. Между трубками и кожухом противотоком движется воздух.

Первый контур. Первый теплоноситель – вода движется при помощи насоса по замкнутому контуру. Температура воды может задаваться различной, так как в установке за насосом установлен котел. При помощи кранов можно перекрывать подачу воды в каждый из теплообменников, что бы проводить независимые испытания для каждого теплообменника.

Второй контур. Второй теплоноситель – воздух поступает из воздухозаборника в компрессор, проходит противотоком через теплообменник, и выходит в атмосферу. Кранами регулируется подача воздуха в каждый теплообменник.

При помощи датчиков фиксируется температура и давление каждого теплоносителя, а так же вычисляется расход теплоносителей.

На стенде была проведена серия экспериментов для выявления эффективности теплообменников в плане интенсификации теплообмена.

По результатам экспериментов теплообменник с пористыми вставками и турбулизатором показал себя на 15 % эффективнее, чем теплообменник с 19-ю медными трубками.

В дальнейшем, планируется построить математическую модель процесса теплообмена и сравнить ее с экспериментальными данными.

Библиографический список

1. Современные способы интенсификации работы кожухотрубных теплообменных аппаратов систем теплоснабжения / Л. А. Куцев, Н. Ю. Никулин, Ю. Г. Овсянников, А. И. Алифанова – Текст : непосредственный // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2018. – Т. 8, № 2. – С. 130-140.
2. Попов, И. А. Гидродинамика и теплообмен в пористых теплообменных элементах и аппаратах. Интенсификация теплообмена / И. А. Попов. – Казань: Центр инновационных технологий, 2007. 240 с. – Текст : непосредственный.

3. Применение пористых материалов в теплообменных аппаратах системы теплоснабжения / Н. В. Рыдалина, Б. Г. Аксенов, О. А. Степанов, Е. О. Антонова – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22, № 3. – С. 3-13.

К КЛАССИФИКАЦИИ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПО ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ

Бабаев А. Д.

Тюменский Индустриальный Университет, г. Тюмень

На сегодняшний день имеется разработанная классификация водогрейных котлов, которые применяются для теплоснабжения. Все серии и типы водогрейных котлов разбиты на 4 группы:

1 группа: водогрейные котлы с тепловой мощностью 4,6-7,5 МВт (газ, мазут, твёрдое топливо).

2 группа: водогрейные котлы с тепловой мощностью 11,6-35 МВт (газ, мазут, твёрдое топливо).

3 группа: водогрейные котлы с тепловой мощностью 58-209,4 МВт (газ, мазут).

4 группа: водогрейные котлы с тепловой мощностью 58-209,4 МВт твёрдое топливо).

Отдельно выделены котлы с малой тепловой мощностью: с тепловой мощностью до 100 кВт, с тепловой мощностью от 0,1 до 3,15 МВт [1, 2].

Такая классификация водогрейных котлов по их тепловой мощности, которая разработана ещё при советской власти, действует и в наше время. Отсутствие информации в соответствующей нормативно-технической документации о классификации котельных установок по тепловой мощности может затруднить их унификацию и систематизацию. Применение же классификации водогрейных котлов по тепловой мощности для котельных установок (источников теплоснабжения), на наш взгляд, является не корректным.

Цель исследования: провести анализ нормативно-технической документации на предмет выявления в ней классификационных признаков котельных установок по тепловой мощности.

Объект исследования: нормативно-техническая документация (государственные стандарты (ГОСТы), строительные нормы и правила (СНиПы), своды правил (СП), общероссийские классификаторы (ОК), общероссийские нормы технологического проектирования (ОНТП), руководящие документы (РД).

Методы исследования: применялся теоретический метод исследования – анализ. Для анализа нормативно-технической документации были

использованы электронные фонды нормативных и технических документов [3-5].

Результаты. В ходе исследования была установлена нормативно-техническая документация, непосредственно связанная с котельными установками [6-8]:

- СП 89.13330.2016 «СНиП II-35-76 Котельные установки»;
- СП 41-104-2000 «Проектирование автономных источников теплоснабжения»;
- СП 41-108-2004 «Поквартирное теплоснабжение жилых зданий с теплогенераторами на газовом топливе».

Согласно вышеперечисленным нормативно-техническим документам котельные установки классифицируются по следующим признакам:

- по назначению (центральные – в системе централизованного теплоснабжения; децентрализованные – в системе децентрализованного теплоснабжения; отопительные; отопительно-производственные; производственные);
- по надёжности отпуска тепла потребителям (первой категории; второй категории),
- по размещению (отдельно стоящие; пристроенные к зданиям другого назначения; встроенные в здание другого назначения, независимо от этажа размещения; крышные).

Ни в одном из этих документов нет подразделения котельных установок по тепловой мощности, хотя в самих СП приводятся конкретные цифры тепловой мощности, которые могут являться границами интервалов для классификации котельных установок по тепловой мощности.

Например, пункты 3.4 и 3.5 [7]: «Для жилых зданий допускается устройство пристроенных и крышных котельных. Указанные котельные допускается проектировать с применением водогрейных котлов с температурой воды до 115 °С. При этом, тепловая мощность котельной не должна быть более 3,0 МВт». «Общая тепловая мощность автономной котельной не должна превышать: 3,0 МВт – для крышной и встроенной котельной с котлами на жидком и газообразном топливе; 1,5 МВт – для встроенной котельной с котлами на твёрдом топливе». Или пункт 4.1.1. [8]: «Для поквартирного теплоснабжения жилых зданий следует применять автоматизированные теплогенераторы на газовом топливе...отвечающие следующим требованиям: суммарная теплопроизводительность теплогенераторов не должна превышать 100 кВт при размещении в теплогенераторных и 35 кВт – при размещении в кухнях».

Заключение. Таким образом, анализ вышеприведенной нормативно-технической документации показал, что классификация котельных установок по тепловой мощности отсутствует, однако в самих документах по котельным установкам [6-8] имеются конкретные значения тепловой мощно-

сти, по которым возможна классификация котельных установок на несколько групп.

Библиографический список

1. ГОСТ 20548-87. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью до 100 кВт. Общие положения: Межгосударственный стандарт: издание официальное : утв. и введ. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 20.02.87 № 298: введ. впервые: дата введ. 2001-12-01/ разработан Министерством промышленности строительных материалов СССР. –Москва, 2001. – 12 с. – Текст: непосредственный.

2. ГОСТ 10617-83. Котлы отопительные теплопроизводительностью от 0,1 до 3,15 МВт Общие положения: межгосударственный стандарт : официальное издание: утв. и введ. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28.09.83 № 4663: введ. впервые : дата введ. 1983-09-28 / разработан Г. А. Смага (руководитель темы); Ф. Б. Троицкая, Н. Ф. Жукова. – Москва, 2001. – 12 с. – Текст : непосредственный.

3. Меганорм: Система нормативных документов: [сайт]. – URL: <https://meganorm.ru/> (дата обращения: 01.10.2022). – Текст: электронный.

4. Кодекс: Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 03.10.2022). – Текст: электронный.

5. Библиотека нормативной документации : [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/> (дата обращения: 05.10.2022). – Текст: электронный.

6. СП 89.13330.2016. СНиП II-35-76. Котельные установки : утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. № 944: введ. впервые 2016-06-17. – Москва, 2016. – 81 с. – Текст : непосредственный.

7. СП 41-104-2000. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование автономных источников теплоснабжения: утв. для применения в странах СНГ протоколом N 16 от 02.12.99 г. Межгосударственной научно-технической комиссии по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС) : введ. впервые 2000-08-16. – Москва, 2016. – 22 с. – Текст: непосредственный.

8. СП 41-108-2004. Поквартирное теплоснабжение жилых зданий с теплогенераторами на газовом топливе : свод правил по проектированию и строительству: утв. Минздравом России, письмо № 111-16/134-04 от 17.03.2003 г. Госгортехнадзором России, письмо № 14-3/10 от 15.01.2003 г. , УГПН МЧС России, письмо № 19/2/1043 от 31.05.2005 г.: введ. впервые 2004-03-26. – Москва, 2004. – 15 с. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Румянцев А. А., канд. техн. наук.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Закк Е. Е., Германова Т. В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Один из альтернативных способов получения энергии является водородная энергетика. Вместо гигантских электростанций с длинными электрическими сетями будут появляться автономные, а бензин заменят на экологически чистое топливо. Коэффициент полезного действия у водорода составляет 90 %, при этом степень вредного воздействия на окружающую среду гораздо понижается. Возникает это в следствии того, что при перерабатывании энергии водородных топливных компонентов в электрическую или тепловую энергию устраняются процессы горения. В результате выделяются сера и углекислый газ, только при той же степени выбросов углекислого газа производится в два раза больше энергии [1].

Замена традиционных видов топлива может быть произведена на основе водорода и углеродных носителей. Дополнительно водород преобразовывается в жидкое углеводородное топливо и в газообразный топливный метан.

На перерабатывание угля необходимо 18 % изготовления водорода, 4 % оснащается благодаря зеленому водороду и 78 % – обогащением природного газа и нефти. Способы выпуска, заложенные на ископаемом топливе, приводят к образованию 830 млн. тонн выбросов CO₂ каждый год. Водород считается более чистой альтернатива традиционному топливу. При использовании топлива водородная энергия сохраняет наименьшие потери, а после употребления в качестве побочного продукта задерживается только вода, из которой снова можно получить водород [2].

В зависимости от способа получения, водородное топливо может быть «серым», «голубым» и «зелёным». «Голубой» водород – это водород, который изготавливается из природного газа без выбросов углекислого газа, то есть применяются способы его улавливания и хранения. Главным достоинством является относительная изученность технологий получения такого водорода в сравнении с другими, и допустимость производить его в значительных объёмах. Само производство «голубого» водорода менее энергозатратно, по сравнению с «зелёным» водородом. Но его главный недостаток – производство из востребованного углеводородного сырья, кроме того, есть потребность противостоять выбросам углекислого газа при его производстве [3].

Стоит учитывать, что экологичность «зелёного» водорода сильно зависит от источника энергии, который требуется для электролиза воды. Если оценить весь углеродный след конечной продукции, то полученный водород может на выходе оказаться не таким «зелёным», ведь для его производства могут сжигать тот же уголь.

Чтобы использовать эти способы для потребителей, применяющих водород в качестве топлива, нужны готовые к вводу в производство технологии улавливания и захоронения диоксида углерода.

Уменьшить издержки водорода, полученного из природного газа, могут содействовать новые технологии производства. Как например, пиролиз углеводорода для сокращения расходов на улавливание и захоронение побочных продуктов.

Библиографический список

1. Везироглу, Т. Н. Энергетика 21-го века: водородная энергетика / Т. Н. Везироглу, Ш. Сахин. – Текст : непосредственный // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 2. – С. 12-28

2. Билоненко, Р. А. Производство водорода из энергоемких веществ /Р. А. Билоненко. – Текст : непосредственный // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 5, ч. 1. – С. 51.

3. Раменский, А. Ю. Водород в качестве топлива: предмет и цели стандартизации / А. Ю. Раменский. – Текст : непосредственный // Альтернативная энергетика и экология. – 2015. – № 1. – С. 33-44.

Научный руководитель: Германова Т. В., канд. техн. наук, доцент.

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ SCADA-СИСТЕМ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Куликов Р. В.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Энергетика является одной из наиболее значимых сфер хозяйственно-экономической деятельности человека. В эпоху компьютеризации и цифровизации с огромной скоростью увеличивается доля электроприборов и устройств, используемых человеком. В обиходе людей осталось не так и много приборов, использующих энергию отличную от электрической. Вне всяких сомнений, что современная жизнь человека невозможна без электроэнергии. Также в зависимости от энергосистемы находятся потребители тепла. Так, от качества получаемого тепла в промышленности зависит качество получаемого продукта, а у бытового потребителя качество жизни. Поэтому обеспечение стабильности выработки и энергоснабжения потребителей является приоритетным задачей энергетики.

В настоящее время некоторые предприятия энергетической отрасли встали перед проблемой отставания в технологическом развитии. Так, не-

которые теплоэлектростанции все еще работают по устаревшим технологиям. Чувствуется и моральное устаревание оборудования, поэтому возникают трудности при покупке запасных частей, обслуживании оборудования, в итоге так же возрастают и финансовые издержки. На предприятиях используются устаревшие системы автоматизации, оставшиеся из прошлого века. Зачастую провода и разъемы системы образуют запутанную сеть и пребывают в неудовлетворительном состоянии [1]. Из-за этого в случае отказа оборудования в разы усложняется задача анализа и поиска неисправных элементов системы. В конечном счете предприятие долгое время простаивает и несет большие убытки.

Процесс производства энергии является сложным процессом, в котором происходит контроль за многими десятками параметров в реальном времени. Для обеспечения корректной работы системы автоматического управления необходимо организовать корректный сбор и обработку данных. В современных системах эту задачу решают системы *SCADA* (*Supervisory Control And Data Acquisition* – диспетчерское управление и сбор данных).

История развития *SCADA* систем начинается еще с 19 века. Прототипами современных систем диспетчерского управления и сбора данных являются системы телеметрии и сигнализации, которые обеспечивали дистанционный мониторинг небольшого числа параметров. Позднее для отображения состояния систем стали использоваться «имитационные стены» – в них значения индикаторов на стендах изменялись вручную при помощи информации, получаемой персоналом при обходе оборудования. Управление процессами на основе современной технологии *SCADA* стало осуществляться с 1980-х годов [2].

Основными задачами *SCADA* систем являются:

- Получение информации о текущем состоянии системы
- Обработка полученной информации
- Формирование дорасчетных параметров
- Предоставление системе отображения и приложениям информации
- Хранение данных
- Исключение принятой ложной информации и ее восстановление на основании дублирующих источников информации

SCADA системы так же предусматривают систему аварийной сигнализации, которая предупреждает диспетчерский персонал тревожным сигналом при поступлении в систему информации о нарушении технологического процесса или приближении параметров к пределу допустимых значений. Благодаря этому удастся уменьшить риск аварий или минимизировать их последствия [3].

Благодаря непрерывному контролю поступающих в систему данных *SCADA* системы отлично непрерывным производствам, которым как раз и является сфера выработки энергии.

За счет использования открытой архитектуры SCADA системы являются гибкими для программирования и модернизации. Является возможным использование оборудования от нескольких разных производителей. В результате увеличивается количество возможных вариантов исполнения системы, а соответственно и ее адаптивность, уменьшаются экономические затраты. Так же ПО SCADA обладает такими качествами как эффективность, надежность (отсутствие ложных действий), живучесть (выполнение функций программы при нарушениях в ее работе), устойчивость, унификация решений, простота и наглядность.

Таким образом применение систем автоматического управления технологическим процессом на базе технологий SCADA является эффективным методом улучшения качества технологического процесса на электростанциях, обеспечивая улучшение качества технологического процесса, уменьшение риска аварий и их последствий, сокращение издержек на обслуживание и ремонт оборудования.

Библиографический список

1. О развитии средств автоматизации в энергетике с использованием возобновляемых источников энергии / Г. И. Волович, И. М. Кирпичникова, Е. В. Соломин, Д. В. Топольский, И. Г. Топольская. – Текст: непосредственный // Альтернативная энергетика и экология – 2013 – №9 – 59-64 с.

2. Тарасов, В. Б. Интеллектуальные SCADA-системы: истоки и перспективы / В. Б. Тарасов, М. Н. Святкина. – Текст : непосредственный // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2011. – № 13. – С. 2.

3. Система сбора данных и оперативного контроля (SCADA) в диспетчерском управлении : СТО 59012820.35.240.50.004-2011 : утв. и введен в действие: приказом ОАО «СО ЕЭС» от 24.06.2011 № 180. – Москва, 9 с. – URL: https://www.soups.ru/fileadmin/files/laws/standards/st_scada_240611.pdf (дата обращения: 18.10.2022). – Текст : электронный.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РИСКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Кучерова Е. А., Дебердиева Н. П.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В настоящее время экономика страны подвержена разнообразным колебаниям (внешним и внутренним): глобализация, увеличение спроса, появление и усложнение технологий, эпидемиологические сбои, геополитические конфликты и пр. Все это ведет к увеличению рисков и влияет на устойчивость предприятий топливно-энергетического комплекса, а также

на их безопасность. Эффективная идентификация рисков способствует качественной их оценке и разработке целенаправленных мер по минимизации негативных проявлений. Для того чтобы идентифицировать все угрозы, с которыми сталкивается организация, требуется разработка классификации рисков, которая позволяет выявить схожие опасности внутри предприятия и определить, кто должен быть ответственным за обработку и управление этими рисками [1].

Риски применительно к проблемам устойчивого обеспечения деятельности предприятий ТЭК делятся на две категории – нефинансовые и финансово обусловленные [2]. Финансово обусловленные риски связаны с вероятностью потери денежных ресурсов, а категория нефинансовых рисков предприятий ТЭК содержит в себе производственно-технические риски.

Производственный риск возникает при любых видах деятельности, связанных с производством продукции, ее реализации, товарно-денежными и финансовыми операциями, осуществлением социально-экономических и научно-технических проектов [3]. Производственные риски предприятий топливно-энергетического комплекса обусловлены вероятностью несения ими убытков и в основном связаны со следующими причинами:

- нестабильность производства энергии, добычи и поставок основных энергоресурсов [4];

- энергии, а также уровня энергопотребления в результате снижения плановых объемов производства и реализации продукции предприятиями топливно-энергетического комплекса из-за снижения производительности труда, простоя оборудования, потери рабочего времени, отсутствие необходимого количества сырья, повышенный брак продукции и т. д. [2];

- рост или снижение цен на различные энергоресурсы в связи с недостаточным объемом и качеством их отдельных видов, снижением или увеличением спроса на энергоресурсы;

- увеличение реальных затрат предприятий топливно-энергетического комплекса на производство единицы продукции по сравнению с плановыми в результате продолжающихся изменений цен на энергоносители, в том числе в связи с кризисными и инфляционными процессами [2];

- увеличение расхода материальных затрат в результате перерасхода материалов и сырья, используемых в производстве, а также за счет увеличения транспортных, торговых, накладных расходов и другие сопутствующие затраты;

- снижение запланированных предприятиями ТЭК объемов производства и реализации продукции из-за простоя оборудования, потери рабочего времени, отсутствия необходимого количества сырья, повышенного процента бракованной продукции и т. д. [2];

- низкая дисциплина в поставках различных видов энергии, в том числе возможные перебои в производстве и поставке основных видов топлива и электроэнергетики [5];

- физический и моральный износ оборудования предприятий топливно-энергетического комплекса, что, как правило, приводит к избытку энергии на собственные плановые нужды по сравнению с плановыми нормами, а так же увеличивает аварийность на предприятиях ТЭК;

- недостаточная квалификация сотрудников предприятия ТЭК.

Все вышеперечисленные причины возникновения ситуаций производственного риска являются потенциально опасными, и их следует заранее учитывать как при разработке стратегии развития, так и при реализации годовых планов производственной деятельности предприятий ТЭК.

Технический риск определяется степенью организации производства, выполнением профилактических мероприятий (регулярный профилактический ремонт оборудования, обеспечение мероприятий технологической безопасности его эксплуатации и др.), возможностью ремонта оборудования предприятий ТЭК своими силами [6].

К техническим рискам относится возможность возникновения убытков предприятий топливно-энергетического комплекса по следующим причинам:

- в результате получения отрицательных результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

- в результате недостижения плановых технических показателей в ходе конструкторско-технологической отработки [2];

- в результате низких технологических возможностей производства, принципиально не позволяющих осваивать результаты инновационных разработок [5];

- в связи с высокой степенью износа основных фондов [7];

- в связи с несвоевременным поступлением необходимого оборудования и иных технических средств, предназначенных для модернизации, технического перевооружения или технического перевооружения производства предприятий топливно-энергетического комплекса [6];

- из-за отказов, поломок, задержек в ремонте основного технологического оборудования и т. п.

Переход базовых отраслей экономики, в том числе топливно-энергетического комплекса, на инновационно-инвестиционный путь развития не может осуществляться без системного управления рисковыми ситуациями, непосредственно связанными с различными стадиями инновационно-инвестиционных процессов.

Своевременный и всесторонний анализ и учет возможных внутренних рисков в процессе управления деятельностью предприятий ТЭК и всей электроэнергетики позволяют руководителям предприятий и отрасли принимать оптимальные решения с точки зрения затрат и потерь, повышать

эффективность и устойчивость деятельности предприятий топливно-энергетического комплекса в части рационального производства и использования различных видов энергоресурсов и обеспечения энергетической безопасности государств.

Библиографический список

1. Дебердиева, Н. П. Индетификация рисков промышленных предприятий в концепции риск-менеджмента / Н. П. Дебердиева, А. В. Воронин. – Текст : электронный // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – № 5. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=43000071> (дата обращения : 27.09.2022).

2. Кремков, М. В. Особенности внутренних рисков для предприятий топливно-энергетического комплекса/М. В. Кремков. – Текст : электронный // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2012. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-vnutrennih-riskov-dlya-predpriyatij-toplivno-energeticheskogo-kompleksa> (дата обращения: 27.09.2022).

3. Ростова, Е. П. Анализ подходов к определению промышленного риска и их классификация/ Е. П. Ростова. – Текст : электронный // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2020. – № 1. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-podhodov-k-opredeleniyu-promyshlennogo-riska-i-ih-klassifikatsiya> (дата обращения: 27.09.2022)

4. Ибрагимова, Х. И. Проблемы энергетических ресурсов / Х. И. Ибрагимова, А. Халикова. – Текст : электронный // Молодой ученый. – 2017. – № 3 (137). – URL : <https://moluch.ru/archive/137/35642/> (дата обращения: 27.09.2022).

5. Колесников, А. М. Анализ рисков предприятий электроэнергетики / А. М. Колесников, А. В. Баранов. – Текст : электронный // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. – 2013. – № 4 (18). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-riskov-predpriyatij-elektroenergetiki> (дата обращения: 27.09.2022).

6. Технические риски примеры. – Текст : электронный // Антикризисные новости. – URL : <https://s-p.su/finansovye-riski/tehnicheskie-riski-primery.html> (дата обращения: 27.09.2022);

7. Зельникова, С. Н. Методические подходы к планированию деятельности нефтеперерабатывающего предприятия / С. Н. Зельникова, Н. П. Дебердиева. – Текст : электронный // Вопросы управления и экономики: современное состояние актуальных проблем: сб. материалов XIX Международной научно-практической конференции. – Москва: Интернаука, 2019. – С. 58-64. – URL : <https://www.internauka.org/authors/deberdieva-nadezhda-pavlovna> (дата обращения: 27.09.2022).

Научный руководитель: Дебердиева Н. П., доцент кафедры МТЭК, канд. экон. наук, доцент.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА КОТЛОАГРЕГАТА ПК-10п-2

Маркина М. В.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
АО «НБИ», г. Санкт-Петербург, г. Москва*

Цифровой двойник (модель) – результат моделирования производственного объекта на основе входных данных, полученных при анализе технологической схемы единицы (групп) оборудования, нормативно-технической документации, фактических данных о работе объекта, и выраженный в математическом виде и (или) с помощью топологической схемы.

Работа электрической станции должна быть направлена на выполнение любого режима [1], и современная концепция создания цифровых двойников электростанций и объектов теплоэнергетики нацелена на увеличение гибкости работы ТЭЦ за счет планирования и совершенствования режимов работы оборудования электростанции-двойника. Использование цифровых двойников производственных объектов для оптимизации работы на ОРЭМ приводит к значительному росту маржинального дохода ТЭЦ. Например, на ООО «Ново-Салаватская ТЭЦ» удалось увеличить маржинальную прибыль на 2,5 млн руб [2] за счет оптимизации состава генерирующего оборудования и на 6,3 млн руб – за счет оптимизации графика загрузки основного и вспомогательного оборудования на РСВ.

Цель и задачи работы. Цель данной работы – сформировать концепцию создания модели (цифрового двойника) котлоагрегата ПК-10п-2 производительностью 220 т/ч с рабочим давлением в барабане котла 109 кгс/см². Задачами работы являются:

- описание элементов, используемых для создания модели котлоагрегата;
- создание топологической схемы двойника котлоагрегата;
- оцифровка эксплуатационных характеристик работы котлоагрегата;
- математическое обоснование построенной модели.

С математической точки зрения цифровой двойник представляет собой комплекс математических уравнений (набор связанных между собой компонентов), характеризующих работу электрической станции. Для читабельности комплекс составленных уравнений визуально принимает вид топологической схемы, разработанной на основе комплексной информационно-аналитической системы планирования и мониторинга режимов работы ТЭЦ EMAS [3], и в которой элементы, перечисленные слева направо на рисунке 1, имеют следующие названия: термопреобразователь, узел, линия передач.



Рисунок 1. Элементы топологической схемы котлоагрегата

Перечисленные элементы имеют следующие функции:

1) Функция термопреобразователя в котлоагрегате – характеристика превращения химической энергии, выделившейся при сжигании угля в котле, в тепловую энергию выработанного острого пара;

2) Функция узла – характеристика равенства передаваемой энергии между компонентами топологической схемы;

3) Функция линии передач – передача исходных данных (в случае с котлоагрегатом исходные данные – характеристики топлива).

В результате создания топологической схемы (рисунок 2) были построены 2 термопреобразователя С8 и С9: С8 демонстрирует, как подаваемое в котел топливо при сгорании генерирует пар, С9 показывает, что характеристики перегретого пара зависят не только от Q_{br} , но и от температуры питательной воды (для ПК-10п-2 температура питательной воды составляет 215°C).

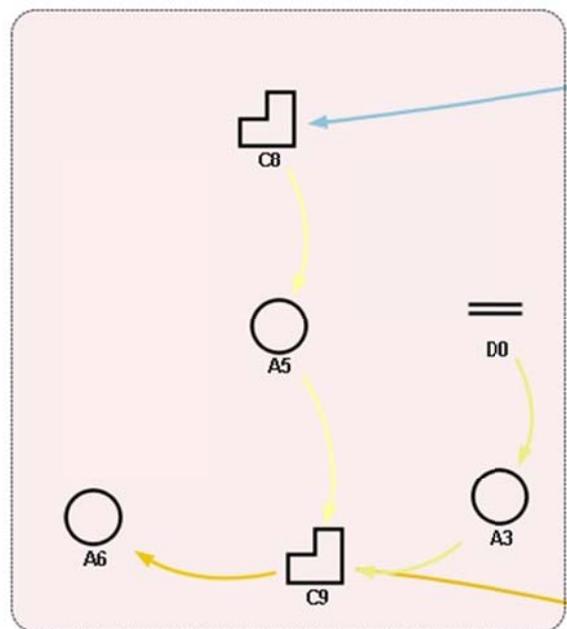


Рисунок 2. Элементы топологической схемы котлоагрегата

На схеме также присутствует линия передачи, которая передает данные о величине нагрузки по пару ($D0$). Также были построены узлы А3, А5, А6, соединяющие остальные элементы друг с другом. 2 термопреобразователя С8 и С9: С8 демонстрирует, как подаваемое в котел топливо при сгорании генерирует пар, С9 показывает, что характеристики перегретого пара зависят не только от Q_{br} , но и от температуры питательной воды (для ПК-10п-2 температура питательной воды составляет 215°C).

Передача входных данных для решения математических уравнений, заложенных в цифровой двойник котла, осуществляется при помощи

XML-файлов. Формирование данных файлов производится на основе оцифрованных характеристик: зависимостей КПД котла брутто от $Q_K^{бр}$ и зависимости D_K от $Q_K^{бр}$ (рисунок 3).

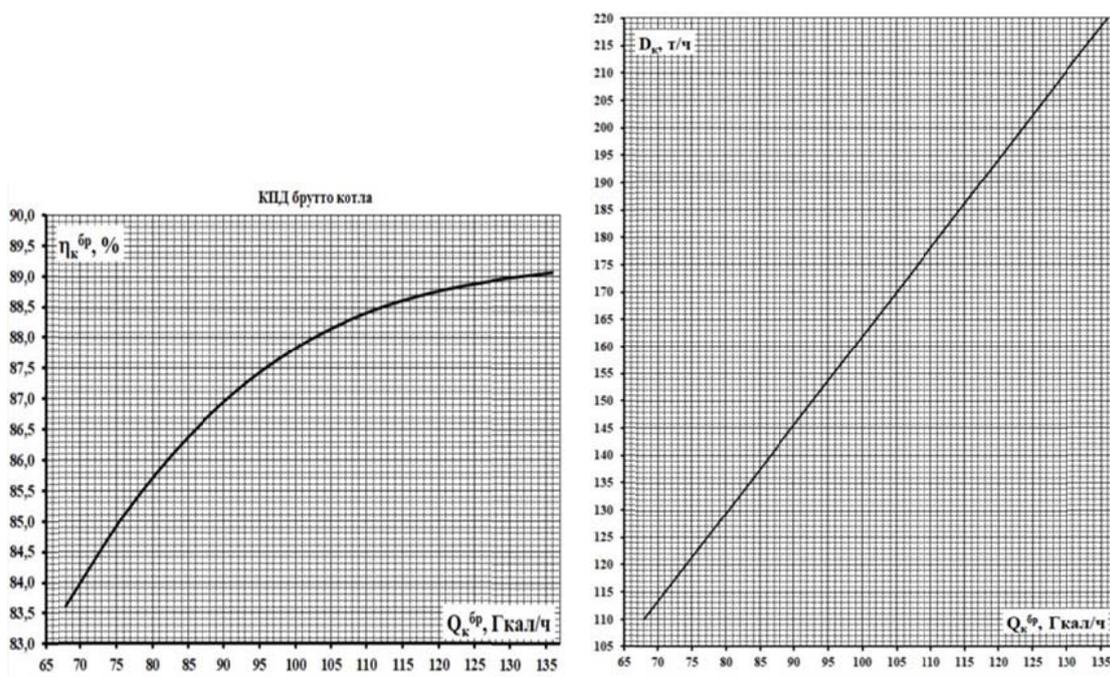


Рисунок 3. Зависимости из НТД ПК-10п-2

Зависимости, представленные выше, позволяют определять КПД брутто котла ПК-10п-2 при разных значениях $Q_K^{бр}$, а также выработку острого пара D_K в зависимости от значений $Q_K^{бр}$. Оцифровка производилась в специальном конструкторе EMAS.ТЭП (Builder 4.0).

Математические зависимости, которые заложены в ходе оцифровки и передачи в модель:

$$Q_0 = D_0 \cdot (h_0 - h_{пв}), \text{ где}$$

$$h_0 = f(p_0; t_0)$$

$$h_{пв} = f(p_{пв}; t_{пв})$$

Следовательно:

$$Q_0 = D_0 \cdot (h_0 - [f(p_{пв}; t_{пв})])$$

Итоги работы:

- Описаны функции элементов, использующихся при разработке цифрового двойника котлоагрегата ПК-10п-2, на основании которых разработана топологическая схема цифрового двойника котлоагрегата;
- Оцифрованы основные зависимости параметров, характеризующих работу котла.

Библиографический список

1. Розова, В. И. Технико-экономическое планирование на энергетическом предприятии. – Санкт-Петербург: Политехнический университет Петра Великого, 2010. – 96 с. – Текст : непосредственный.
2. Хафизьянов, Р. Важный проект энергетиков – Текст : непосредственный // Салаватский нефтехимик. – 2016. – 3 дек. (№ 47). – С. 4.
3. АО «НБИ» : Национальное бюро информатизации : [сайт]. – URL: <https://nbiservice.ru> (дата обращения: 25.07.2021). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Амосов Н. Т., доцент.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ КАК ОРИЕНТИР РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Мочалова А. А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В настоящее время на мировом энергетическом рынке наблюдается глубокая трансформация в условиях формирования новых вызовов развития. Причиной таких явлений является значительный уровень нестабильности и неопределенности.

Именно в таких условиях сегодня Правительство РФ вынуждено работать над составлением и реализацией комплексной программы по ликвидации отставания технологий, используемых в России, от других стран. Успешное внедрение принимаемых решений позволит обеспечить не только национальную безопасность, но и комфортный переход на инновационный путь развития. Одним из ключевых направлений данной программы является введение стратегии импортозамещения в экономике России, поводом для которой служит критическая зависимость от зарубежных технологий, оборудования и сырья. Прежде всего она реализуется в такой важной отрасли как топливно-энергетический комплекс, обеспечивающей энергоресурсами все отрасли экономики.

Основными вызовами в решении проблем топливно-энергетического комплекса являются санкционные ограничения, увеличивающийся спрос на ограниченный запас энергоресурсов, спрос на освоения новых природных ресурсов, которые находятся в более сложных географических и климатических условиях, нуждаются в разработке новых технологий и совершенствовании существующих, что, в свою очередь, требует существенных инвестиционных вложений со значительным сроком окупаемости [1].

2014 год можно назвать началом работы над стратегией импортозамещения. Основным направлением являлось создание благоприятной внешней

среды для развития отечественной промышленности. Успех во внедрении данной стратегии и достижение устойчивого экономического развития возможны при увеличении показателя самообеспечения и наращивании объемов отечественного производства продукции и технологий, что и представляет собой надежный фундамент для развития конкурентоспособной экономики [2].

В 2018 году в связи с расширением списка санкционных ограничений масштаб реализации концепции импортозамещения увеличился. Был принят ряд документов, согласно положению которых утвердили более четырнадцать тысяч технологических руководств и свыше полутора тысяч различных инвестиционных проектов [3].

Влияние санкций на топливно-энергетический комплекс России оценивается по-разному, эксперты высказывают множество противоречивых мнений. Но нельзя не признать, что компании, оказавшиеся в списке санкционных ограничений, напрямую ощущают их негативные последствия. Однако наибольшее влияние оказали не сами санкции, а конкретные уже существующие внутренние факторы экономического развития, которые были проблемными. Именно на эти уязвимые места в действующих стратегиях деятельности компаний и указали ограничения. Так, топливно-энергетический комплекс нашей страны оказался зависимым от импорта зарубежного оборудования, технологий и лицензий на их использование.

Одним из процессов по реализации стратегии импортозамещения компаний топливно-энергетического комплекса является проект по увеличению объемов производства промышленной продукции и оборудования, и их качества. Так в 2019 году был спроектирован и изготовлен центробежный компрессор для холодильного цикла для применения на заводе по производству СПГ «Криогаз-Высоцк», а ПАО «НК «Роснефть» запустило проект «Цифровое месторождение», для которого все программное обеспечение было разработано в корпоративном научном центре компании [4].

На сегодняшний день крупные энергетические компании Российской Федерации тратят миллиарды рублей на реализацию стратегий импортозамещения, что несомненно даёт положительные результаты. Происходит увеличение доли отечественных технологий и оборудования, возрастает количество рабочих мест и налоговых поступлений в бюджет. По итогам реализации планов импортозамещения с 2014 по 2022 года в топливно-энергетической промышленности России доля отечественной продукции увеличилась в среднем в два раза.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что российским компаниям топливно-энергетического комплекса удалось вполне успешно адаптироваться к сложным финансово-экономическим условиям и санкционному давлению. Утвержденные компаниями отрасли и государством политики и программы импортозамещения в совокупности открыли широкие возможности для развития отечественной продукции и повышения ее кон-

курентоспособности, при это обеспечив достаточную независимость в области технологий и оборудования.

Библиографический список

1. Современные энергетические проблемы: международный и национальный уровень / Е. Ю. Титова, К. Ф. Иванова, Н. И. Закирова, Р. Р. Бакирова. – Текст : электронный // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – № 5-3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-energeticheskie-problemy-mezhdunarodnyu-i-natsionalnyu-uroven> (дата обращения: 19.10.2022).

2. Стратегия импортозамещения и ее роль в управлении российскими компаниями топливно-энергетического комплекса / А. Н. Петров, А. Э. Сулейманкадиева, М. А. Петров. – Текст : электронный // Россия: тенденции и перспективы развития. – 2021. – № 16-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-importozamescheniya-i-ee-rol-v-upravlenii-rossiyskimi-kompaniyami-toplivno-energeticheskogo-kompleksa> (дата обращения: 19.10.2022).

3. Крутов, Р. А. Импортозамещение как способ минимизации бизнес-рисков компаний топливно-энергетического комплекса / Р. А. Крутов. – Текст : электронный // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/importozameschenie-kak-sposob-minimizatsii-biznes-riskov-kompaniy-toplivno-energeticheskogo-kompleksa> (дата обращения: 19.10.2022).

4. Министерство энергетики РФ : [сайт]. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/7693> (дата обращения: 19.10.2022). – Текст : электронный.

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

*Поташкин Н. В., Селиверстова П. С.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Существуют множество типов тепловой изоляции, она существенно помогает снизить тепловые потери, защитить трубопроводы от коррозии, тем самым продлевая их эксплуатационный ресурс. Для подземной бесканальной прокладки трубопроводов целесообразно использовать следующие виды тепловой изоляции: пенополиуретан (ппу), пенополимерминерал (ппм) и армопенобетон (апб).

Важным свойством материалов является водопоглощение и плотность. Эти два показателя являются важным критерием для выбора тепло-

вой изоляции и влияют на долговечность эксплуатации тепловых сетей. Ниже приведена таблица сравнения материалов по этим показателям.

Таблица 1

Физические свойства материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %, за 24 часа	Максимальная температура применения, °С	Структура материала
Пенополиуретан (ППУ)	50	0,8 %	150	Ячеистая, закрытая
Пенополимерминерал (ППМ)	270	0,72 %	150	Закрытые поры
Армопенобетон	250	14 % от массы	300	Открытая

Водопоглощение у пенополимерминерала при сравнении в одинаковых условиях меньше, чем у армопенобетона и пенополиуретана. Соответственно при аварийной утечке теплоносителя нет необходимости производить замену участка тепловой сети подверженной воздействию воды. Изоляция из армопенобетона требует применения диспетчеризации, направленной на необходимость определения утечек теплоносителя для своевременной ликвидации последствий аварийной ситуации [1].

Выполним расчет требуемой толщины тепловой изоляции для каждого материала указанного в таблице 1. Для расчета возьмем тепловую сеть расположенную в городе Тюмени, диаметром 400 мм, подземной бесканальной прокладки глубиной заложения 2 м, расчетной средней температурой за отопительный период $t_o = -5.6$ °С и температурным графиком тепловой сети 150 / 70 °С.

Температуру окружающей среды примем как среднегодовую температуру грунта (примем суглинок средней плотностью 1400 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности 1,36 Вт/м·°С) и равной $t_H = 1$ °С.

Далее определим тепловые потери подающего и обратного трубопроводов $q_{1,2}^L$:

$$q_1^L = \frac{(t_{в1} - t_H)(R_{из2}^L + R_{гр2}^K) - (t_{в2} - t_H)R_0}{(R_{из1}^L + R_{гр1}^L)(R_{из2}^L + R_{гр2}^K) - R_0^2} K, \quad (1)$$

$$q_2^L = \frac{(t_{в2} - t_H)(R_{из2}^L + R_{гр2}^K) - (t_{в1} - t_H)R_0}{(R_{из1}^L + R_{гр1}^L)(R_{из2}^L + R_{гр2}^K) - R_0^2} K, \quad (2)$$

$$q_{1,2}^L = q_1^L + q_2^L, \quad (3)$$

где $R_{гр}^K$ – термическое сопротивление грунта при бесканальной прокладке, м°С /Вт;

$R_{из1,2}^L$ – термическое сопротивление изоляции, м°С /Вт;

R_0 – термическое сопротивление теплового взаимодействия труб, м°С/Вт.

$$q_1^L = \frac{(90-1)(0,506+0,497)-(50-1)0,197}{(0,506+0,497)(0,506+0,497)-0,197^2} 1,15 = 94,65 \text{ Вт/м},$$

$$q_2^L = \frac{(50-1)(0,506+0,497)-(90-1)0,197}{(0,506+0,497)(0,506+0,497)-0,197^2} 1,15 = 37,6 \text{ Вт/м},$$

$$q_{1,2}^L = 94,65 + 37,6 = 132,25 \text{ Вт/м}$$

Тепловые потери подающего и обратного трубопроводов $q_{1,2}^L = 132,25$ Вт/м.

Расчет толщины изоляции трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки по нормативным значениям линейной плотности теплового потока, заданным отдельно для подающего и обратного трубопровода выполняют по формулам:

$$\ln B_1 = \frac{2\pi\lambda_{из1}\lambda_{гр}}{\lambda_{гр}-\lambda_{из1}} \left(\frac{t_{в1}-t_{н}-q_1^L R_0}{q_1^L} - R_{гр1}^\delta \right) \quad (4)$$

$$\ln B_2 = \frac{2\pi\lambda_{из2}\lambda_{гр}}{\lambda_{гр}-\lambda_{из2}} \left(\frac{t_{в2}-t_{н}-q_2^L R_0}{q_2^L} - R_{гр2}^\delta \right) \quad (5)$$

Определив с помощью (4), (5) значения $B_1 = \frac{d_1+2\delta_{из1}}{d_1}$ и $B_2 = \frac{d_2+2\delta_{из2}}{d_2}$, вычисляют толщины изоляции так же, как и для канальной прокладки.

Далее, после вычисления B_1 и B_2 , по формулам (6) и (7) рассчитывают требуемые толщины изоляции:

$$\delta_{из1} = \frac{d_1(B_1-1)}{2} \quad (6)$$

$$\delta_{из2} = \frac{d_1(B_2-1)}{2} \quad (7)$$

$$\delta_{из} = \frac{0,4 \cdot (2,85 - 1)}{2} = 0,037 \text{ м}$$

Расчетная толщина тепловой изоляции для пенополиуретана $\delta_{из} = 37$ мм. Аналогично был произведен расчет для пенополимерминерала и армопенобетона.

Для удобства была составлена таблица, приведенная ниже.

Таблица 2

Физико-экономические свойства материалов

Тип изоляции	Теплопроводность λ , Вт /м °С	Толщина $\delta_{из}$, мм	Цена 1 м изоляции без трубы, Р
Пенополиуретан	0,03	37	1330
Пенополимерминерал	0,041	61	1652
Армопенобетон	0,055	92	1800

На основе выполненного обзора можно сделать вывод о преимуществе применения ППУ изоляции для тепловых сетей, связанном с низким коэффициентом теплопроводности данного материала. Но необходимо работать со структурой материала в сторону увеличения числа закрытых пор. Пока не снизится водопоглощение пенополиуретана будет иметь место конкуренция с применением пенополимерминерала в качестве тепловой изоляции.

Библиографический список

1. Карпович, Э. В. Пути повышения эффективности теплообменных аппаратов с пористыми вставками / Э. В. Карпович. – Текст : непосредственный // Главный механик. – 2019. – № 1 (185). – С. 63-67.

Научный руководитель: Третьякова П. А.

ТЭП КАК ИНСТРУМЕНТ ИНЖЕНЕРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОВОГО КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

Рубцов Д. Д., Сомов А. М.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Эффективность предприятий и иных отдельных объектов тщательно контролируется организациями владеющими данными предприятиями и объектами. Эффективность производства напрямую влияет на чистую выручку, которую организация получает, поэтому существует масса инструментов для определения их эффективности, которые в свою очередь постоянно корректируются под нынешнее состояние предприятия или объекта. В данной статье рассматривается тепло- и электрогенерирующий объект на примере ТЭЦ (теплоэлектроцентраль), которая предназначена для выработки как тепловой, так и электрической энергии.

Генерирующими объектами на ТЭЦ являются в большинстве случаев паровые турбины, газовые турбины (выработка электроэнергии), бойлерные установки (выработка тепловой энергии), водогрейные котельные агрегаты (выработка тепловой энергии для покрытия пиковой нагрузки в отопительный период). Именно на этих объектах заостренно наибольшее внимание, вследствие чего ведётся постоянный его контроль как со стороны оперативного персонала, так и со стороны административного персонала [1].

Несмотря на полный контроль над оборудованием, предприятию в целом не удаётся в полной мере оценить эффективность того или иного объекта, влияющего на выработку тепловой или электрической энергии. На это влияют множество внешних факторов, которые являются обыден-

ностью на предприятиях такого рода. Одним из таких факторов являются различные неисправности, например свищи (которые в свою очередь влияют на потерю рабочего тела и, следовательно, на затраченные средства на его комплексную подготовку), частичный обвал обмуровки (который влечёт за собой потери тепловой энергии в окружающую среду), различные производственные аварии (потери могут быть как различного размера) и т. д.

Данные проблемы присущи паровым котлам высокого и сверхкритического давления, где любая проблема за счёт больших расходов и потоков рабочего тела очень быстро набирает обороты и приобретает аварийный характер. Зачастую после этого следует долгий простой оборудования в вынужденном ремонте, которые приводят к убыткам денежных средств. После этого происходит растопка парового котельного агрегата, которая влечёт за собой незапланированные потери (сброс непрерывной продувки в расширитель периодической продувки, откуда идёт сброс воды в канал гидрозолоудаления и сброс унесённого пара из расширителя в атмосферу), на момент растопки выработанный перегретый пар (грязный) имеет т.н. «плохие» параметры (низкие температура и давление) для паровой турбины, поэтому происходит его транспортировка в РОУ (редукционно-охладительную установку), а всё это имеет большие незапланированные потери. Если брать, к примеру, паровой котёл БКЗ-210-140Ф (который имел большое распространение при Советском Союзе во времена воплощения плана ГОЭЛРО), то подготовка и его последующая растопка занимает около 11 часов [2].

Именно для таких случаев предусмотрены как режимные карты, так и растопочные ведомости, которые позволяют машинисту сверяться с параметрами, полученные в определенные промежутки времени. В рабочем состоянии используются так называемые ТЭПы (техико-экономические показатели), которые характеризуют эффективность ведение режима на котельном агрегате. Этот инструмент позволяет увидеть такие показатели как:

- а) Затраченная электроэнергия на ТДМ (тягодутьевые механизмы, в которые входят дымососы и дутьевые вентиляторы);
- б) Температуру уходящих газов;
- в) Содержания кислорода в процентном содержании слева и справа топки (чем ниже процентное содержание воздуха идёт на горелки, тем меньше загружены тягодутьевые аппараты, что в свою очередь является экономией);
- г) Отсутствие оксидов углерода в уходящих дымовых газах (показатель того, что в котельном агрегате отсутствует недожог топлива и отсутствует вредный оксид СО в уходящих дымовых газах).

Благодаря этим показателям можно сделать акцент на те или иные проблемы, возникающие при эксплуатации оборудования. Данные показа-

тели позволяют помимо достижения экономического фактора, выраженного в экономии топлива, также достичь более долговечной и бережной эксплуатации оборудования.

Библиографический список

1. Шорин, С. Н. Руководство для кочегара / С. Н. Шорин. – Ленинград: Государственное энергетическое изд-во, 1953. – 266 с. – Текст: непосредственный.

2. Стырикович, М. А. Котельные агрегаты / М. А. Стырикович, К. Я. Катковская, Е. П. Серов. – Ленинград: Государственное энергетическое изд-во, 1959. – 153 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Захаренко С.О., старший преподаватель.

АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

Рябухина В. Е.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Проблема проведения качественного технического обслуживания и ремонта в настоящее время стоит наиболее остро, так как теплоэнергетическое оборудование и тепловые сети значительно изношены. К примеру, по данным 2011 года изношенность оборудования теплоэлектроцентралей достигала порядка 80 %, а некоторые установки отработали этот ресурс дважды. Именно по этой причине затраты на проведение ТО и Р увеличиваются примерно на 30 %, чем если бы данное оборудование было выведено из эксплуатации и отремонтировано в срок [1].

Следует отметить, что хотя отрасль теплоэнергетики достаточно востребована, но методической и нормативной базы не хватает для решения многих современных проблем, а износ теплоэнергетического оборудования увеличивается с каждым годом. Поэтому в ближайшие 10 лет из-за того что физически изношенное оборудование будет выводиться из эксплуатации, в некоторых регионах России может наблюдаться дефицит в снабжении тепловой энергией [2].

Установки отрасли теплоэнергетики в зависимости от их состояния могут диагностироваться различными способами, такими как: осмотр, диагностическое обслуживание, техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты. На предприятиях ежегодно разрабатываются и пере-

сматриваются графики вывода оборудования в ремонт – графики планово – предупредительных ремонтов, по которым можно контролировать выполнение запланированных операций.

Учитывая приведенные аргументы в настоящее время всё более значимо для крупнейших предприятий внедрение цифровой системы технического обслуживания и ремонта теплоэнергетического оборудования.

Также необходимо отметить, что существует несколько концепций, по которым оборудование выводится на техническое обслуживание и ремонт:

✓ К таким концепциям относится концепция по наработке, то есть временная, и заключается она в выводе оборудования в ремонт при наработке определенного количества часов вне зависимости от его фактического состояния.

✓ Большее применение нашла концепция по периодичности. Смысл её заключается в проведении технического обслуживания и ремонта по запланированной периодичности раньше предварительно определенного срока выхода оборудования из строя. Данная периодичность отражается в графиках согласно нормативной документации.

✓ В современных условиях набирает обороты концепция вывода в ремонт теплоэнергетического оборудования по фактическому состоянию. В условиях данной концепции происходит непрерывный контроль за состоянием всего оборудования, его диагностика и прогнозирование состояния в ближайшем будущем. На основании проведенного диагностирования фактического состояния оборудования делается вывод о необходимости проведения и сроках ремонта. Если по фактическому состоянию становится ясно, что оборудование на данный момент времени не требует проведения ремонта, то осуществляется планирование следующей даты проведения диагностики.

Наиболее оптимальной для крупных предприятий предлагается внедрение системы ТО и Р по фактическому состоянию. При этом важным является при планировании сроков проведения ремонта правильная оценка всех рисков, которые возникают при дальнейшей эксплуатации оборудования, если на данный момент нет необходимости его вывода в ремонт. Эффективность оценки всевозможных рисков позволяет минимизировать затраты. Наряду с этим необходимо оценивать важность и первоочередность проведения ТО и Р по всему оборудованию на предприятиях теплоэнергетики. Это объясняется тем, что некоторому оборудованию необходим ремонт уже на этапе осуществления диагностики, а другое оборудование еще обладает достаточным ресурсом для функционирования.

Ещё одной из функциональных особенностей проводимой диагностики оборудования является определение остаточного ресурса его эксплуатации. Остаточный ресурс оборудования определяется при проведении ТО или ремонта и показывает тот запас наработки, при котором оборудо-

вание будет функционировать согласно требованиям нормативной документации. Предлагается для цифровой системы также учитывать этот показатель при анализе важности ремонтов [3].

Внедрение данных систем для предприятий является необходимым, ведь прогнозирование и современная предиктивная диагностика, а также ранжирование оборудования по важности позволит снизить трудозатраты в человеко-часах на проведение ТО и Р.

Для оборудования тепловых электрических станций существует методика, которая позволяет оценивать состояние основного технологического оборудования. Она позволяет по интегральной классификационной оценке состояния, а также по анализу рисков принять решение о продлении срока безопасной эксплуатации оборудования [4].

Наряду с этим необходимым критерием для цифровой системы ТО и Р считается оценка технического состояния оборудования по индексу технического состояния, который рассчитывается для каждого вида оборудования и может находиться в диапазоне от 0 до 100. По данному показателю можно судить о рисках и важности проведения ремонта.

Таким образом, на основании приводимых доводов можно сделать вывод, что наиболее актуальной является внедрение цифровой системы технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию, учитывая индекс технического состояния, степень риска и важность проводимых мероприятий.

Проблема незапланированных простоев и отказов оборудования приводит к остановке важнейших производственных цепочек, а происходит это из-за отсутствия прозрачности в производительности, которая не позволяет прогнозировать и предотвращать сбои в работоспособности. Данная система позволит сократить затраты на техническое обслуживание и ремонт посредством оптимизации трудозатрат и материальных ресурсов, а также позволит повысить степень готовности оборудования и его рабочих показателей до оптимально возможных значений.

Библиографический список

1. Долгиев, М. М. Проблемы и перспективы развития тепловой энергетики в современных условиях / М. М. Долгиев. – Текст : электронный // Экономика. – 2011. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-razvitiya-teplovoy-energetiki-v-sovremennyh-usloviyah/viewer> (дата обращения : 05.10.2022).

2. Гаак, В. К. Износ оборудования – возрастающая проблема теплоэнергетики / В. К. Гаак, А. В. Гаак. – Текст : электронный // Энергетика и рациональное природопользование. – 2017.– № 1 (23). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/iznos-oborudovaniya-vozzrastayuschaya-problema-teploenergetiki/viewer> (дата обращения : 10.10.2022).

3. Казаков, В. С. Диагностирование и оценка остаточного ресурса эксплуатации теплоэнергетического оборудования / В. С. Казаков, А. С. Алексеев. – Текст : электронный // Механика и машиностроение. – 2015. – № 2 (46). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostirovanie-i-otsenka-ostatochnogo-resursa-ekspluatatsii-teploenergeticheskogo-oborudovaniya/viewer> (дата обращения : 12.10.2022).

4. Тепловые электрические станции. Методики оценки состояния основного оборудования : СТО 70238424.27.100.011 – 2008 : утв. Приказом НП «ИНВЭЛ» N 12/11 01.07.2008 : введ. в действие с 2008-10-31. – Москва : НП «ИНВЭЛ», 2008. – Текст : электронный. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200086586> (дата обращения : 14.10.2022).

Научный руководитель: Белкин А.П., канд. техн. наук, зав. кафедрой.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ПРИМЕРЕ ООО ЛДК «СЕГЕЖСКИЙ» Г. СЕГЕЖА РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Устинов А. С.

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск

ООО ЛДК «Сегежский» г. Сегежа Республики Карелия производит высококачественные пиломатериалы из древесины различных пород. С увеличением заказов на пиломатериалы встал вопрос о расширении лесосушильного цеха. Действующие сушилки фирмы Valmet в количестве пяти камер не справляются с дополнительными объемами производства, поэтому их необходимо заменить на более современные, либо установить дополнительные камеры к уже существующим на заводе.

По результатам технологического расчета получен объем фактического материала в объем условного материала (табл. 1).

Таблица 1

Объемы производства

Влажность		Количество материала в год, м ³	Объем условного материала в год, м ³
Начальная, $W_H, \%$	Конечная, $W_K, \%$		
50	8	150000	215000
70	8		
60	8		

Выполнен тепловой расчет, на основании которого проводится выбор режима сушки [1-3]. Получена характеристика агента сушильной установки, которым является воздух:

на входе:

- значение температуры $t_1 = 80$ °С;
- относительная влажность $\varphi_1 = 0,64$;
- содержание влаги $d_1 = 275$ г/кг;
- энтальпия $I_1 = 800$ кДж/кг;
- плотностная характеристика $\rho_1 = 0,87$ кг/м³.

на выходе:

- температура на выходе $t_2 = 72,7$ °С;
- относительная влажность воздуха на выходе $\varphi_2 = 0,88$
- влагосодержание $d_2 = 276,9$ г/кг;
- теплосодержание $I_2 = 800$ кДж/кг (принимаяем $I_2 = I_1$);
- плотность $\rho_2 = 0,89$ кг/м³.

Определена продолжительность сушки пиломатериалов: для сосны 3,6 суток; для березы от 4,2 до 8,9 суток в зависимости от начальной и конечной влажности. Влагосоставляющая массы при испарении из камеры в единицу времени 0,256 кг/с.

Рассчитан расход тепла для среднегодовых условий для 1 м³ древесины 144540 кДж/м³ (2803 кВт), для зимних условий 228080 кДж/м³ (3320 кВт). При этом необходимо использовать 87 пластинчатых калориферов типа КВБ общей площадью теплообмена $F = 1141$ м². Аэродинамический расчет показал, что необходимо установить 36 вентиляторов типа Ц4-70-12 с расчетной мощностью электродвигателя 4,9 кВт типа 4А112МА6У5.

На основании полученных расчетов можно сделать следующие выводы:

- В результате расчетов показано, что для охвата новых заказов ООО ЛДК «Сегежский» г. Сегежа Республики Карелия на производство пиломатериалы, помимо существующих пяти сушильных камер фирмы Valmet, необходимо установить в дополнение к действующим сушильным установкам еще 2 аналогичные сушилки.

- На основании технико-экономического расчета показано, что срок окупаемости для дополнительных сушильных камер в количестве 2 шт. составляет 3,34 года, что свидетельствует об экономической эффективности предложенного мероприятия.

Библиографический список

1. Расев, А. И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебное пособие / А. И. Расев, А. А. Косарин. – Москва: ФОРУМ, 2010. – 416 с. – Текст : непосредственный.

2. Расчет процессов термообработки в деревообрабатывающем производстве : учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию / Ю. П. Семенов, В. Г. Левин, В. Г. Малинин [и др.]. – 2-е изд. – Москва: Изд-во МГУЛ, 2005. – 100 с. – Текст : непосредственный.

3. Гидротермическая обработка древесины: учеб. пособие / И. А. Симилов, А. А. Симилова, В. Г. Малинин [и др.]. – Братск: БрГУ, 2009. – 80 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Питухи Е.А., доктор техн. наук, профессор.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВАГОНА ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ПРИГОРОДНОГО СООБЩЕНИЯ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА

Устинов А. С.

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск

Вагоны пригородных поездов Петрозаводск – Медвежьегорск Республики Карелия эксплуатируются в условиях большой населенности. С целью обеспечения комфортных условий для пассажиров необходимо грамотно проработать техническое решение для системы кондиционирования воздуха. Для реализации поставленной задачи изначально рассчитывается коэффициент теплопередачи k , Вт/(м²·К) через конструктивные элементы ограждений вагона на разных скоростях в диапазоне от 0 до 75 км/ч (табл. 1). При этом учитываются теплотехнические характеристики материалов несущих конструкций вагона [1].

Таблица 1

Коэффициент теплопередачи ограждений вагона k , Вт/(м²·К)

Элемент вагона	Скорость, км/ч							
	0	15	25	35	45	55	65	75
Пол	3,7	3,8	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7
Торцевые стены	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6
Боковые стены	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Крыша	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

На следующем этапе рассчитываются теплопритоки в вагоне для наиболее жаркого месяца июля для г. Петрозаводска:

– При заданном количестве посадочных мест в вагоне $n = 110$ человек и тепловыделении одним пассажиром $q_n = 117$ Вт расчетный теплоприток от пассажиров составляет $Q_n = 12870$ Вт [1, 2].

– Теплоприток от освещения и электрооборудования принимается $Q_{об} = 2000$ Вт [1];

– Теплопритоки через конструктивные элементы ограждений вагона Q_o , Вт рассчитываются на различных скоростях в диапазоне от 0 до 75 километров в час (табл. 2):

$$Q_o = k \cdot F \cdot (t_n - t_g). \quad (1)$$

Здесь $F, \text{м}^2$ – площадь элемента вагона [1];

$t_n = 21,6$ °С – средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца для г. Петрозаводска [3];

$t_g = 20,0$ °С – внутренняя температура воздуха в вагоне [2].

Таблица 2

Теплопритоки через ограждения вагона Q_o , Вт

Элемент вагона	Скорость, км/ч							
	0	15	25	35	45	55	65	75
Пол	88,2	90,6	98,8	103,5	105,9	108,2	108,7	110,6
Торцевые стены	12,3	12,4	12,8	13,1	13,2	13,3	13,3	13,4
Боковые стены	87,6	88	90,3	91,6	92	92,5	93,0	93,4
Крыша	11,4	11,6	11,7	11,8	11,9	11,9	12,0	12,0
Общий теплоприток	198,5	203,6	214,6	219,0	224,0	225,0	228,0	228,4
Средний теплоприток	217,7							

Средний теплоприток через конструктивные элементы ограждений вагона получаем $Q_o = 217,7$ Вт.

– Теплоприток от инфильтрации составляет 30 % от теплопритока через конструктивные элементы ограждений вагона $Q_{ин} = 65,3$ Вт [1].

– Теплопритоки от солнечной радиации $Q_{рад}$, Вт зависят от интенсивности солнечной радиации в самый жаркий месяц июль для г. Петрозаводска (широта 60°) на горизонтальную $I_g = 252$ Вт/м² и вертикальную $I_b = 171$ Вт/м² поверхности соответственно [3], площади остекления вагона $F_o = 10,45$ м² [1].

Расчетные значения составляют $Q_{рад} = 730$ Вт.

Получаем суммарный теплоприток в вагон Q_{Σ} , Вт:

$$Q_{\Sigma} = Q_n + Q_{об} + Q_o + Q_{ин} + Q_{рад} = 12870 + 2000 + 217,7 + 65,3 + 730 = 15883 \text{ Вт} \quad (2)$$

Исходя из расчетов, предлагаются технические решения по системе кондиционирования воздуха:

– В зависимости от типа подвижного состава ОАО НПО "НАУКА" разработаны системы кондиционирования для железнодорожных поездов с использованием систем авиационного назначения холодопроизводительностью до 36 кВт.

– В настоящее время состава компания "Остров" проектирует, производит, поставляет, осуществляет монтаж кондиционеров холодопроизводительностью от 2,0 до 40,0 кВт для различного типа железнодорожного транспортного средства.

На основании полученных расчетов можно сделать следующие выводы:

- Выполнен расчет коэффициентов теплопередачи конструктивных элементов пассажирского вагона электропоезда пригородного сообщения Петрозаводск – Медвежьегорск Республики Карелия. Получен суммарный теплоприток в вагон $Q_{\Sigma} = 15883\text{Вт}$ в жаркий месяц июль.

- На основании полученных данных разработано техническое решение по системе кондиционирования вагона. Предложено использовать в качестве климатической установки: кондиционер компании "Остров" холодопроизводительностью до 36 кВт; кондиционер от ЗАО "НПО "Элсокс" холодопроизводительностью до 40,0 кВт.

Библиографический список

1. Устинов, А. С. Теплотехника: учеб.-метод. пособие / А. С. Устинов, И. К. Савин. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – 20 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда: Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны межгосударственный стандарт : утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388: разработан и внесен Министерством здравоохранения СССР, Всесоюзным Центральным Советом Профессиональных Союзов – Москва, 1988. – 78 с. – Текст: непосредственный.

3. Строительная климатология: СП 131.13330.2020. Актуализированная редакция: утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2020 г. N 859 : дата введ. 2019-06-25 / НИИСФ РААСН – Москва: 2021. – 124 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Питухи Е. А., доктор техн. наук, профессор.

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ВНЕДРЕНИЕМ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА

Шириков К. Н.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Для исследования энергоэффективности приточно-вытяжной вентиляции промышленного предприятия, была взята типовая схема вентиляции с рекуперацией рисунке 1. Приток свежего воздуха в холодный период приводит к необходимости нагрева, это нужно для поддержания комфортного климата в помещении и удобства работы персонала. Для минимизации затрат на электрическую и тепловую энергию предложена к использованию приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией. Применяв данную технологию, предприятие сможет максимально уменьшить теплопотери с сохранением объема замещаемого воздуха [1].

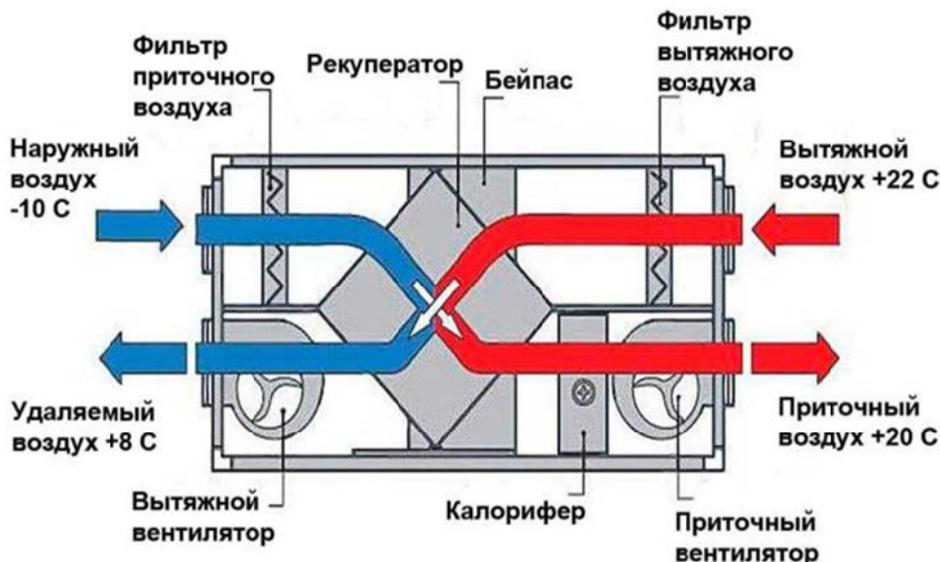


Рисунок 1. Схема вентиляции с рекуперацией

Отработанное тепло будет направляться на подогрев поступившего воздуха с улицы, данная система будет работать с повтором цикла.

При выборе рекуператора стоит обратить внимание на состав – из чего состоит конструкция, а также на КПД, который может выдавать отдельный рекуператор [2].

В основе конструкции пластинчатого рекуператора лежат тонкостенные панели, которые соединяются поочередно таким образом, чтобы чередовать пропуск холодного и горячего воздуха под углом 90 градусов. Одной из видов такой модели является устройство с оребренными канала-

ми для прохода воздуха. Оно обладает более высоким коэффициентом теплообмена.

Принцип действия роторного рекуператора основан на вращении теплообменника, внутри которого расположены несколько слоев гофрированного металла, обладающего высокой теплоемкостью. В результате взаимодействия с вытяжкой происходит нагрев сектора барабана, который впоследствии отдает тепло поступающему воздуху.

Этот тип рекуператора почти не используют для жилых зданий при поквартирной или коттеджной вентиляции, так как при выборе данного рекуператора должен отсутствовать вредный фактор. Часть воздуха смешивается с вновь пришедшим. Часто его применяют в крупных котельных для возврата тепла к печам или для обширных помещений промышленного или торгово-развлекательного назначения.

Для каждого рекуператора можем просчитать его энергоэффективность и выбрать подходящий нам. Для офисов и многоквартирных домов, с отсутствием вредного фактора, рекомендуется ставить пластинчатые рекуператоры.

Формула эффективности выглядит следующим образом:

$$K = \frac{T_{\text{п}} - T_{\text{н}}}{T_{\text{в}} - T_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{п}}$ – температура приточного воздуха после рекуператора, °С; $T_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха (приточный воздух до рекуператора), °С; $T_{\text{в}}$ – температура вытяжного воздуха до рекуператора, °С.

Данная формула позволяет учитывать изменение приходящего тепла в потоках воздуха. Однако у потоков может меняться и относительная влажность, и тогда лучше прибегать к расчёту эффективности рекуператора по полному теплу. Формула похожа по виду с предыдущей, но уже отталкивается от энтальпий:

$$K = \frac{I_{\text{п}} - I_{\text{н}}}{I_{\text{в}} - I_{\text{н}}}, \quad (2)$$

где $I_{\text{п}}$ – энтальпия приточного воздуха после рекуператора, °С; $I_{\text{н}}$ – энтальпия наружного воздуха (приточный воздух до рекуператора), °С; $I_{\text{в}}$ – энтальпия вытяжного воздуха до рекуператора, °С.

Формула (1) позволяет быстро оценить эффективность рекуперации. Для более точных результатов следует использовать формулу (2).

В ходе анализа для предприятий с вредными выбросами рекомендуют устанавливать пластинчатые рекуператоры, так как рекуператоры роторные частично используют отработавшее тепло и воздух смешивается с вновь пришедшим. Для предприятий без вредных выбросов к установке рекомендуется роторный рекуператор, он позволит экономить электриче-

скую энергию, повысит КПД, уменьшит затраты на тепловую энергию, а также частично позволит возвращать влагу.

Библиографический список

1. Яковлев, Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения : монография / Б. В. Яковлев. – Москва : Новости тепло-снабжения, 2008. – 448 с. – Текст : непосредственный.
2. Отопление и вентиляция : учебник для вузов / В. Н. Богословский, В. И. Новожилов, Б. Д. Симаков, В. П. Титов. – Москва : Стройиздат, 1976. – 439 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Антонова Е. О., канд. техн. наук, доцент.

СХЕМЫ ОБУСТРОЙСТВА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ

Юрченко А. С.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Основное назначение вентиляционных систем – обеспечение санитарно-гигиенических условий для пребывания в помещении людей. К таким условиям относят: температуру, скорость движения воздуха, относительную влажность, чистоту воздуха. Чтобы в помещениях были допустимые параметры микроклимата из них своевременно необходимо удалять избыточную теплоту, влагу, пары, пыль, газы, соблюдая при этом необходимый уровень подвижности воздуха [1].

Благодаря многолетней практике проектирования и строительства многоквартирных жилых домов было отобрано несколько наиболее эффективных схем вентиляции. Выбор той или иной схемы зависит от многих факторов: форма здания, количество этажей, загрязненности уличного воздуха, уровня шума.

Традиционной системой вентиляции для строительства многоквартирных жилых домов принята вытяжная система с естественным побуждением. Воздухообмен в таких зданиях происходит из-за перепадов температуры и давления внутри помещения и на улице. Отработанный воздух выводится на улицу через вентиляционные шахты и воздухопроводы, а свежий воздух поступает через окна, двери или специальные приточные клапаны [2].

В летнюю жару и зимой основные недостатки естественной вентиляции проявляются сразу. Летом система не будет работать, так как температура и плотность наружного и внутреннего воздуха одинаковы, при этом воздух застаивается, чем провоцирует плохое самочувствие людей. Зимой естественная вентиляция работает, но вместе с отработанным воздухом теряется тепло из помещения.

Как правило, в строительстве жилья используется четыре схемы устройства вентиляционной шахты многоэтажного дома, схемы представлены на рисунке 1.

1. Индивидуальная вытяжка, т. е. из кухни, туалета и ванной комнаты на каждом этаже на крышу ведет отдельный воздуховод. Запахи от соседей не проникают в квартиру.

2. Вытяжные воздуховоды из всех квартир подключены к горизонтальному коллекторному воздуховоду на чердаке. Из коллектора воздух выходит на улицу. Если размер воздуховода недостаточен, удаляемый воздух возвращается в квартиры верхних этажей.

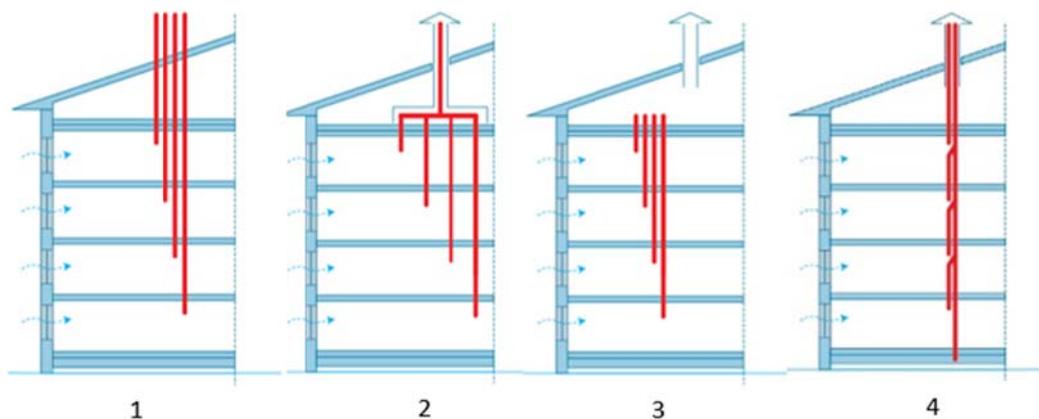


Рисунок 1. Схемы устройства вентиляционных шахт:

- 1 – индивидуальная вытяжка; 2 – с горизонтальным коллектором;
3 – с теплым чердаком; 4 – со спутниковыми каналами

3. С теплым чердаком – этот вариант аналогичен предыдущему, только отработанный воздух поступает не в коллекторный канал, а непосредственно на чердак. Вентиляционные каналы в должны быть покрыты тепловой изоляцией - иначе на чердаке появится конденсат и плесень, разрушатся строительные материалы.

4. Вентиляция со спутниковыми каналами подобна дереву: вытяжные воздуховоды-спутники в каждой квартире соединены со стволом - общей вертикальной шахтой.

Любая вентиляционная конструкция в многоквартирном доме имеет один общий недостаток: расстояние от верхнего этажа до конца вытяжной трубы невелико, поэтому тяга слабая. Чтобы усилить ее, из квартир на последнем этаже поднимаются отдельные вентиляционные каналы, которые отводятся на высоту не менее одного метра [3].

Так же система вентиляции может в себя включать:

1. Приточные установки. Установки обеспечивают подачу воздуха в помещение, с его предварительной очисткой, подогревом, охлаждением, осушением, увлажнением (по необходимости). Воздушный поток

подается по воздуховодам в каждую комнату. Благодаря избыточному давлению воздух уходит сквозь различные неплотности в окнах, дверях, стенах и потолках.

2. Вытяжные установки. Используются для воздухообмена путем механического отвода воздуха и его притока через неплотности окон и стен. Слабое место подобных систем – это недостаток поступления свежего воздуха с улицы. Поэтому работа вытяжной и приточной систем по отдельности не всегда эффективна, поэтому чаще всего устанавливаются приточно-вытяжные системы.

3. Приточно-вытяжные установки. Обеспечивают одновременный приток и удаление воздуха. Такая установка подает, фильтрует, подогревает приточный воздух, осушает или увлажняет (если это необходимо).

4. Вентиляционные установки с рекуператором. Такие установки используются для повышения энергоэффективности систем вентиляции, уменьшения затрат электроэнергии. Рекуператор – это теплообменник, в котором удаляемый воздух передает тепло поступающему в помещение. Дополнительный нагрев осуществляется в водяном или электрическом калорифере [4].

Правильная работа системы вентиляции – важная составляющая микроклимата в помещении. Вентиляция в многоквартирном доме позволяет организовать правильную циркуляцию воздуха: удаление загрязненного и приток с улицы свежего воздуха в достаточных объемах. Система вентиляции с приточно-вытяжными установками обеспечивает повышенный комфорт вне зависимости от погоды, позволяет регулировать параметры. Затраты оправдывают себя достаточно быстро благодаря экономии тепла и использованию автоматического контроля параметров воздуха.

Библиографический список

1. Невзорова, А. Б. Теплогазоснабжение, отопление и вентиляция / А. Б. Невзорова. – Гомель : БелГут, 2014. – 279 с. – Текст : непосредственный.

2. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика : изд.4 / В. А. Ананьев, Л. Н. Балугева, А. Д. Гальперин [и др.] – Евроклимат, 2003. – 416 с. – Текст : непосредственный.

3. Отопление и вентиляция жилого здания : учебное пособие / В. Ф. Васильев, Ю. В. Иванова, И. И. Суханова. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2010. – 72 с. – Текст : непосредственный.

4. Теплоснабжение и вентиляция : курсовое и дипломное проектирование / Б. М. Хрусталева, Ю. Я. Кувшинов, В. М. Копко [и др.]. – Москва : АСВ, 2008. – 784 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Антонова Е. О., к. т. н., доцент.

ФЗ № 436-
ФЗ

Издание не подлежит маркировке
в соответствии с п. 1 ч. 4 ст.11

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Материалы

II Национальной научно-практической конференции

В авторской редакции

Подписано в печать 25.01.2023. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 8,6.
Тираж 500 экз. Заказ № 2563.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.