

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

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Материалы
Национальной с международным участием
научно-практической конференции
студентов, аспирантов, учёных и специалистов*

(20-22 декабря 2022 года)

В 2-х томах

Том 2

Тюмень
ТИУ
2022

УДК 004, 62, 69
ББК 3
Э 65

Ответственный редактор:

кандидат технических наук, доцент А. Н. Халин

Редакционная коллегия:

Т. В. Мальцева, Р. Ю. Некрасов, О. А. Степанов, А. Л. Савченков,
Н. А. Литвинова, Г. А. Хмара, Ф. А. Лосев, Е. И. Попов

Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-
Э 65 энергетическом комплексе: материалы Национальной с международ-
ным участием научно-практической конференции студентов, аспи-
рантов, ученых и специалистов (20-22 декабря 2022 г.). В 2-х т. Т. 2 /
отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ, 2022. – 339 с. – Текст : непо-
средственный.

ISBN 978-5-9961-3026-9 (*общ.*)

ISBN 978-5-9961-3028-3 (*т. 2*)

В издании опубликованы статьи и доклады, представленные на Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, в кото-рых изложены результаты исследовательских и опытно-конструкторских работ по широкому кругу вопросов. В сборник во-шли материалы работы секций «Экология и промышленная безопас-ность» и «Электроэнергетика и электротехника».

Издание предназначено для научных, социально-гуманитарных и инженерно-технических работников, а также обучающихся техниче-ских и гуманитарных вузов.

УДК 004, 62, 69
ББК 3

ISBN 978-5-9961-3026-9 (*общ.*)
ISBN 978-5-9961-3028-3 (*т. 2*)

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тюменский индустриальный
университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»	12
<i>Аверьянова Ю. А., Хайруллина А. М.</i> ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ В СОВРЕМЕННОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ: ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСОБЕННОСТИ, ПРОБЛЕМЫ	12
<i>Артюшенко Д. В.</i> ВНЕДРЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА КАК ЧИСТОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ	15
<i>Ахтямов Д. А., Литвинова Н. А.</i> ОЦЕНКА ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БОРТОВЫХ КАМНЕЙ.....	18
<i>Бабкина В. А., Загорская А. А., Пимнева Л. А.</i> РАЗДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОЙ И ЖИДКОЙ ФАЗЫ БУРОВЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ.	21
<i>Бентковская О. В., Зарубина Ю. Ю., Муравьев А. А.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И ГАЗА.....	24
<i>Васильева Е. А., Филиппова Ф. М.</i> ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ НА ДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ЗА 2021-2022 ГОД.....	27
<i>Гурбанова Л. М.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	29
<i>Демин А. В., Хабибуллина А. Р.</i> ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА В ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ	32
<i>Долгополов А. С., Патенян А. А.</i> ОБЗОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	35
<i>Дубровская М. О., Пигилова Р. Н.</i> АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	38
<i>Есбергенова А. С., Шаисламов У. А.</i> ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ВОДЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ “ЗЕЛЕНОГО” ВОДОРОДА: ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ ZnO НАНОСТРУКТУР НА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ	41

<i>Зиганишина Д. Е., Аверьянова Ю. А.</i> ВЛИЯНИЕ СВИНЦА, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОПЛИВА, НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА.....	44
<i>Иванов Б. Г., Тельнов А. А., Чакляров И. О., Шока Н. А.</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА АКВАТОРИИ ОТ РАДИОНУКЛИДОВ	46
<i>Иванов Б. Г., Тельнов А. А., Чакляров И. О., Шока Н. А.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВСПЛЫВАЮЩЕЙ СПАСАТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПАСЕНИЯ ЛИЧНОГО СОСТАВА ИЗ ЗАТОНУВШЕЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ	50
<i>Игошина Д. А., Пигилова Р. Н.</i> УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ	53
<i>Камалиева З. З., Пигилова Р. Н.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ЗОНИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	56
<i>Колосова Н. В., Гасанов З. С., Волков И. С.</i> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ АВАРИЙ НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ	58
<i>Куликова З. Б.</i> ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СФЕРУ ОХРАНЫ ТРУДА.....	61
<i>Латфуллина Г. Э., Пигилова Р. Н.</i> ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ.....	64
<i>Медведева М. Д., Загорская А. А.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА В УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	66
<i>Неупокоева Т. В., Агапова М. А.</i> ПРОФИЛАКТИКА ШКОЛЬНОГО ТРАВМАТИЗМА	69
<i>Нишукова М. А.</i> ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ	73
<i>Петраковская Д. Н.</i> УТИЛИЗАЦИЯ И ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ С ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	76
<i>Пигилова Р. Н., Завьялова В. Е.</i> ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	79

<i>Подгальняя К. А.</i> АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОВОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	82
<i>Подгальняя К. А.</i> МОДЕЛЬ СИСТЕМНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ	85
<i>Родионова Д. Д., Пигилова Р. Н.</i> ВЛИЯНИЕ ТЭК НА ЭКОЛОГИЮ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ.....	88
<i>Рыжов Е. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ В СФЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	90
<i>Смирнова Д. И.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ	93
<i>Сосновская Л. Б.</i> ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПРИЕМАМ ДЛЯ ПОИСКА ИННОВАЦИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ.....	95
<i>Тицкая С. Ю.</i> ОБЗОР НОВОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ЕСОGRANIC И ЕГО СВОЙСТВ	98
<i>Тицкая С. Ю.</i> ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УМНОГО ОСВЕЩЕНИЯ УЛИЧНЫХ ДОРОГ	100
<i>Усольцев В. И., Журавлев О. Г., Литвинов Д. О.</i> ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ВНУТРЕННИХ ВЗРЫВОВ	102
<i>Устинов А. С.</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛЬНОЙ ОБЪЕЗДНОЙ ДОРОГИ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА	104
<i>Филиппова Ф. М., Ахунова И. Р.</i> БИОРИТМЫ ЧЕЛОВЕКА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИИ	106
<i>Хабибуллина И. И., Пигилова Р. Н.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИИ	109
<i>Чепур П. В., Колядко А. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СЕЙСМОУСТОЙЧИВОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ	111
<i>Чепур П. В., Колядко А. А.</i> КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОПОРЫ-ДЕМПФЕРА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	114

<i>Чепур П. В., Колядко А. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСНОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИИ РЕЗЕРВУАРА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	117
<i>Чепур П. В., Колядко А. А.</i> РЕАКЦИЯ СИСТЕМЫ «РЕЗЕРВУАР- ЖИДКОСТЬ» ПРИ РОТАЦИОННОМ ВЫПЛЕСКИВАНИИ	120
<i>Чепур П. В., Колядко А. А.</i> СЕЙСМИЧЕСКИЙ ОТКЛИК РЕЗЕРВУАРА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ОСНОВАНИЯ, ХРАНИМОГО ПРОДУКТА И КОНСТРУКЦИИ	123
<i>Чепур П. В., Колядко А. А.</i> ЭФФЕКТ ВЫПЛЕСКИВАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА РЕЗЕРВУАР ДЛЯ ХРАНЕНИЯ	126
<i>Щегрова Ю. А., Пигилова Р. Н.</i> НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ПРОЦЕССЕ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА	128
СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»	132
<i>Абашева У. Н., Фризен В. Э.</i> ОБОБЩЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЙ КОРОТКИХ СЕТЕЙ МОЩНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	132
<i>Абдреев К. А.</i> КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРОВ СУХОГО ТИПА С МАСЛЯНЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ	135
<i>Абдреев К. А.</i> ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	137
<i>Агафонов А. В.</i> ВНЕДРЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ОНЛАЙН МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ	140
<i>Багавиева А. Р., Бурганов Р. А.</i> ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫЕ КОМПАНИИ: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)	143
<i>Бакланов А. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	146
<i>Барашков И. С., Макартичян С. В.</i> ПОДБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ЗВЕНА РЕГУЛЯТОРА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО	

ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ЛЕВИТАЦИИ И ЕГО ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	148
<i>Васина А. Ю., Плотников В. В.</i> ПРОТОКОЛЫ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ	151
<i>Газизов И. Н.</i> МЕТОДИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДВУХСЛОЙНОЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ В МНОГОСЛОЙНУЮ	154
<i>Голобоков С. В., Душутин К. А., Облизин М. А.</i> СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА ШКАФОВ АВТОМАТИКИ НА ОСНОВЕ ФОЛЬГОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ.....	156
<i>Дьяченко В. М., Макарова И. Н.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ КОЛЛЕДЖА	159
<i>Емельянов А. С.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	162
<i>Зольников Д. Н.</i> СПОСОБЫ ДИАГНОСТИКИ И ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ОТ НЕИСПРАВНОСТЕЙ	165
<i>Зыкин П. В., Хамитов Р. Н.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ СРЕДНЕЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ.....	168
<i>Исаев И. А., Нефедьев А. И.</i> АВТОНОМНАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА	171
<i>Кадырмятов Ю. Р.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЯНОГО ГАЗА В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА.....	173
<i>Кадырмятов Ю. Р.</i> СРАВНЕНИЕ ТВЁРДОТЕЛЬНЫХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ РЕЛЕ	175
<i>Камашева А. И.</i> РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	177
<i>Кандауров А. В.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОАУДИТА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	180
<i>Киприн В. Л.</i> ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ РЗА И АСУ ТП НА ПОДСТАНЦИИ.....	182
<i>Киртичникова И. М., Шипилов С. С.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В СХЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ	185

<i>Клименко А. А., Ореховский И. А., Белых Д. В.</i>	ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ НА ПУТИ К УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	188
<i>Ковалев В. З., Парамзин А. О.</i>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ.....	191
<i>Ковалев В. З., Архипова О. В.</i>	О ГРАФИКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЗОН ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И АРКТИКИ.....	195
<i>Коваленко Д. В.</i>	МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МАТЛАВ- SIMULINK	198
<i>Кокина А. В.</i>	ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ.....	203
<i>Колесов В. И.</i>	ОБОБЩЁННЫЙ ЗАКОН ЗОЛОТОГО БАЛАНСА.....	206
<i>Колесов В. И., Хмара Г. А., Захаров Д. А.</i>	АМБИВАЛЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ В SMART-УРБАНИСТИКЕ.....	211
<i>Коньков К. В., Денисов Е. С.</i>	СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗА.....	217
<i>Корнеев В. А., Кулебакин И. И.</i>	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНОЙ ПРОХОДЧЕСКОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ.....	219
<i>Косарев Е. А.</i>	ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ...	222
<i>Кретова В. С., Метелкин В. А.</i>	ПРИНЦИП РАБОТЫ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.....	225
<i>Кретова В. С., Метелкин В. А.</i>	ТИПЫ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	228
<i>Куликова З. Б.</i>	ЭНЕРГОБАЛАНС: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ.....	231
<i>Латфуллина Г. Э., Бурганов Р. А.</i>	ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИТУАЦИЙ В ЭКОНОМИКЕ НА РАЗВИТИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	233
<i>Леонов Е. Н.</i>	АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТА ЭНЕРГИИ	236
<i>Лесниченко И. Н.</i>	ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЮФО	239

<i>Лыткин К. А., Пигилова Р. Н.</i>	ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	243
<i>Мавляутдинов Л. Р.</i>	МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ С РЕЗИСТИВНЫМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ 6-35 КВ.....	246
<i>Мартемьянов Д. С., Алмазхан Н. А.</i>	ПРИМЕНЕНИЕ ДВУМЕРНОГО МАТЕРИАЛА MXENE В ЗАЩИТЕ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ	248
<i>Мартемьянов Д. С.</i>	СОЕДИНЕНИЕ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГИБКИХ ДИОДОВ И ТРАНЗИСТОРОВ	250
<i>Махиянов А. В.</i>	ВОЛАН ДЛЯ ИГРЫ В БАДМИНТОН С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТОМ.....	252
<i>Махиянов А. В.</i>	МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР С ЭКРАНИРОВАННЫМ СТАТОРОМ.....	254
<i>Мизин К. А.</i>	ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА	257
<i>Музафаров М. Э., Исаев Е. А.</i>	АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТА НА ПРЕДПРИЯТИИ	261
<i>Ослин И. О., Кизуров А. С.</i>	СВЕТОДИОДЫ.....	264
<i>Пермяков М. О., Чамин Д. Е.</i>	АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.....	268
<i>Подлеснов Е., Дорогов М. В.</i>	ЭЛЕКТРОЛИТ НА ОСНОВЕ ПВДФ С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНОГО АККУМУЛЯТОРА	275
<i>Попова С. Н.</i>	ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БУРОВЫХ УСТАНОВОК	279
<i>Поползина А. О., Кизуров А. С.</i>	ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР НА ТЕРРИТОРИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	282
<i>Радько П. П., Рубан Н. Ю.</i>	ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЧАСТИ ВЭУ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЭС.....	287
<i>Зацаринная Ю. Н., Рамазанова Р. И.</i>	ДИАГНОСТИКА КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ 35 КВ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА CPDA.....	289

<i>Рохлов В. А.</i> АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	292
<i>Семин Д. И.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИКИ ОТКАЗОВ ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ В ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЕТРЯНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.....	296
<i>Соловьева Е. Д., Бурганов Р. А.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ДОМАШНИХ ХОЗЯЙСТВАХ.....	299
<i>Соловьева Е. Д., Пигилова Р. Н.</i> СТАНДАРТЫ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	302
<i>Сухачев И. С., Сидоров С. В.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА ВВОДЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ	305
<i>Сычев И. А.</i> ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СПОРЫШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	308
<i>Тимофеев М. А.</i> ОЦЕНКА ПОВТОРЯЕМОСТИ СКОРОСТИ ВЕТРА ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВЫ ВЕТРОГЕНЕРАЦИИ В ЖИГАНСКОМ РАЙОНЕ	311
<i>Умурзаков А. К.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕДУЩИХ СПОСОБОВ ВЕТРОМОНИТОРИНГА С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ВЗАИМОЗАМЕНЕНИЯ.....	313
<i>Фарапонов В. О.</i> КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ МАЙНИНГА КАК МЕРА УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	315
<i>Филимонов С. С.</i> ПЕТЛЕВОЙ МЕТОД ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 10 КВ	319
<i>Фризен В. Э., Лузгин В. И., Камаев Д. А.</i> УСТАНОВКА ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ МЕТАЛЛОВ	321
<i>Хабибуллина Г. И., Пигилова Р. Н.</i> ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ УМНЫХ СЕТЕЙ	324
<i>Шабанов В. А., Басырова А. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА ВКЛЮЧЕНИЯ БАВР НА БРОСОК ТОКА ВКЛЮЧЕНИЯ ПРИ САМОЗАПУСКЕ	327
<i>Шахова Л. В., Хмара Г. А.</i> ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 КВ, ПОСТРОЕННЫХ В ГАБАРИТАХ 10 КВ, 20 КВ и 35 КВ.....	330

<i>Шеломенцев В. А.</i> РАСЧЕТ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК С УЧЕТОМ ВСЕХ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	333
<i>Щегрова Ю. А., Бурганов Р. А.</i> ИЗНОС ОСНОВНЫХ ФОНДОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ: СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ЕГО СНИЖЕНИЯ.	336

УДК 331.464

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ В СОВРЕМЕННОЙ
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ:
ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСОБЕННОСТИ, ПРОБЛЕМЫ**

Аверьянова Ю. А., канд. техн. наук, доцент, bgdkgeu@yandex.ru
Хайруллина А. М., бакалавр, alfinochka.marsovna17@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В настоящей работе, основанной на методе анализа отечественных источников литературы, предпринимается попытка исследования современного состояния, характеристики и особенностей производственного травматизма в отечественной строительной отрасли. Актуальность написания статьи обусловлена наличием в научных базах небольшого количества соответствующих теме данной работы публикаций. В ходе исследования было выявлено, что строительная отрасль в России характеризуется проблемой влияния экономических факторов на производственный травматизм. В качестве путей ее решения предлагается чаще обращать внимание на важность совершенствования сферы учета и регистрации несчастных случаев.

Ключевые слова: условия труда, производственный травматизм, строительная отрасль, несчастный случай.

В настоящее время в отечественной строительной индустрии остро стоит проблема анализа различных аспектов производственного травматизма. Данные вопросы сегодня исследуются как в рамках изучения проблем безопасности жизнедеятельности и охраны труда, так и в рамках сферы промышленной безопасности и экономической эффективности современных российских предприятий. Попытка такого исследования предпринимается также в настоящей работе, актуальность написания которой обусловлена наличием весьма незначительного количества научной литературы в обозначенном проблемном поле.

Трудоспособные граждане России, как и рабочие многих иных государств, подвержены профессиональным рискам, которые могут обуславливать ухудшение показателей их физического и психического состояния. Согласно различным оценкам, здоровье сотрудников российских предприятий, функционирующих в производственном секторе, характеризуется наличием заболеваний и травм, вызванных в сорока процентах случаев неудовлетворительными трудовыми условиями [1].

Однако, по мнению исследователей, производственный травматизм для отрасли строительства является гораздо более сложным поня-

тием, поскольку ключевым фактором его возникновения выступает не столько само нарушение правил охраны труда и промышленной безопасности, сколько социально-психологическое положение сотрудников. Ученые отмечают, что в процессе получения производственного травматизма такое состояние последних зачастую характеризуется напряженностью, обусловленной как условиями работы, так и экономическими факторами на конкретном предприятии, и даже в целом по стране. Под экономическими факторами может выступать не только заработная плата персонала, но и оснащенность субъектов хозяйствования всеми необходимыми средствами, материалами, технологиями и инструментами, комплексно обеспечивающими надлежащие условия выполнения безопасной трудовой человеческой деятельности и соответствующего промышленного функционирования [2].

Важно отметить, что случаи производственного травматизма в РФ за последние полтора десятилетия существенно снизились. Такие тенденции справедливы и для строительной отрасли, несмотря на то, что значительных изменений в секторе производственной безопасности и охраны труда за данный период не наблюдалось. Особенно стоит отметить уменьшение количества смертей непосредственно на самих строительных работах. Так, в период 2006–2015 гг. соответствующие показатели снизились на шестьдесят процентов, а с 2015 по 2021 год число погибших на стройках уменьшалось ежегодно в среднем на 20 человек [3].

Нельзя не упомянуть, что такой эффективности темпов сокращения случаев травматизма в строительном производстве в РФ сопутствует повышение числа дней нетрудоспособности в расчете на человека, получившего травму. Динамика изменения соответствующих показателей в период с 1995 по 2017 год представлена в работе [2], из анализа которой следует тезис о резком росте последних с 2004 г. в сфере строительства и с 2006 г. во всех производственных отраслях экономики в стране. По мнению исследователей, данное положение дел является явным признаком наличия такой распространенной сегодня проблемы как неполнота статистических данных, обусловленной массовым сокрытием несчастных случаев на отечественных предприятиях.

В качестве иного основания для утверждения существования проблемы сокрытия и неэффективности расследования производственного травматизма стоит привести в пример сравнение упомянутых показателей с данными Евростата. Так, в РФ соотношение смертельного травматизма к совокупному количеству несчастных случаев составляет один к двадцати двум, что в семьдесят девять раз выше, чем в Германии. Из всех европейских стран наиболее приближенными к нам данными располагает Литовская Республика (1:50), предприятия которой характеризуются похожими на Россию экономическими аспектами ведения производствен-

ного процесса. Общеизвестно, что наиболее высокие показатели в обозначенном типе соотношений в России прослеживаются именно в строительной индустрии (1:10). К примеру, для той же Германии случаи смертей на стройках происходят в пятьдесят раз реже (1:500), а в Литве в пять раз реже (1:50) [2].

Исходя из тезисов специалистов о вполне схожих нормативных правилах трудовой деятельности, установленных за последние десятилетия в современном строительном производстве в России и странах Европы, можно заключить, что несмотря на повышенные риски получения травм, наличие которых характерно для строительной отрасли, последняя, как и многие сектора промышленной экономики нашей страны, сегодня остро нуждается в принятии мер, направленных на совершенствование учета и повышение эффективности регистрации несчастных случаев [1].

Поскольку, как уже было упомянуто, экономические факторы особенно сильно влияют на психологическое состояние работников индустрии строительства и являются причиной возникновения напряженности, которая увеличивает риск производственного травматизма на рабочем месте, именно на них следует обращать сегодня особое внимание руководствующему персоналу строительных компаний, организаций и предприятий, а также исследователям, изучающим вопросы современной охраны труда и производственной безопасности. Такое внимание в настоящее время должно быть направлено в первую очередь не столько на совершенствование нормативов, стандартов и правил, которые во многом сейчас в стране приведены к европейскому уровню, сколько на улучшение самих условий труда и производства, зависящих от экономических ресурсов. В противном случае, показатели травматизма на стройках России будут уменьшаться фиктивно, а сокращение несчастных случаев в строительном производстве продолжится.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будин М. В. Проблема травматизма в строительстве / М. В. Будин, А. Н. Беляев. – Текст : непосредственный // E-Scio. - 2020. - № 5. - С. 365-372.
2. Басараб А. А. Совершенствование предупредительного императива в управлении охраной труда в строительстве : 05.26.01 : автореф. дис. ... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / А. А. Басараб ; КГТУ. - Волгоград, 2019. - 24 с. – Текст : непосредственный.
3. Ишкулов А. Н. Обзор производственного травматизма в строительной отрасли / А. Н. Ишкулов. – Текст : непосредственный // Научное сообщество студентов XXI столетия. – 2022. – № 1. – С. 23-27.

ВНЕДРЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА КАК ЧИСТОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Артюшенко Д. В., бакалавр, danil.artyush2021@mail.ru
г. Архангельск, Северный (Арктический) федеральный университет
им. М.В. Ломоносова

Аннотация. Водородная энергетика развивается с каждым годом. При этом происходит осознание человечества в том, что нынешние источники тепла и электроэнергии вызывают загрязнение окружающей среды. В статье была приведена информация о перспективах развития водородной энергетике в Арктической зоне, об экологической безопасности применения водорода на примере Мезенской станции.

Ключевые слова: водород, танкерный метод, приливная станция, Мезень

Водород в качестве источника энергии – это один из самых перспективных источников энергии в ближайшие годы. Водород можно использовать в качестве топлива, он обладает многими уникальными свойствами. Переход к низкоуглеродной, зелёной энергетике затрагивает не только страны Европы, но и Россию. При горении водорода происходит уменьшение выбросов вредных веществ по сравнению с углеводородным топливом. Расширение углеводородной экономики может привести к появлению парникового эффекта, кислотных дождей, озоновых дыр, что в свою очередь приведёт мир к глобальной экологической катастрофе. Водород способен снизить распространение углекислого газа, потому он стал хорошим энергетическим носителем для всего мира. Водородная энергетика может повлиять на уменьшение парникового эффекта, выбросов, связанных с некомпетентным отношением людей к окружающей среде.

Самым эффективным устройством для переработки водорода в электрическую является топливный элемент. При его использовании мы не получим большого уровня выбросов вредных веществ. Ежегодное сокращение выбросов парниковых газов, достигнутое благодаря использованию электростанций на водородных топливных элементах для замены традиционных дизельных генераторов, может быть реализовано как на международной арене, так и внутри нашей страны. Также для получения водорода в качестве самого экологического способа мы можем использовать электролиз. Это гораздо более дорогой способ, чем получения из углеводородного сырья, но абсолютно экологически чистый. Есть также электролизёры с твёрдым полимерным электролитом. Преимуществами данного способа являются: более низкая себестоимость водорода по сравнению с щелочным

электролизом; возможность нестационарных режимов работы; более жёсткие требования к качеству воды.

Ещё одним немало важным фактором является транспортировка водорода. Сейчас можно перевозить водород либо в жидком состоянии, либо в химически-связанном виде, либо в баллонах высокого давления, либо в жидком состоянии. Сейчас применяется траснпортировка в баллонах высокого давления, так как это наиболее эффективный метод перевозки. Не менее эффективным способом также является транспортировка водорода танкерным методом криогенного жидкого водорода в специальных цистернах. Такой танкер был запущен в обиход в 2020 году. Танкер - газовоз Suiso Frontier предназначен для перевозки по морю большого объема жидкого водорода, охлажденного до -253°C . Его будут заливать в цистерны с вакуумной изоляцией объемом 1250 м^3 [3].

Основными результатами внедрения водородной энергетики являются снижение выбросов CO_2 , выработка энергоэффективного безуглеродного топлива, улавливание и вторичное использование CO_2 . Такое производство позволит использовать электротранспортные средства без экологически грязных аккумуляторных батарей, решить проблему неоднородной генерации ВЭС и получить возможность транспортировки водорода как природного газа.

В качестве примера растворим проект внедрения водородной энергетики по распоряжению правительства РФ № 2634-Р от 12.10.2020 года об утверждении плана мероприятий по развитию водородной энергетики до 2024 года. Проект заключается в организации арктического кластера с ориентацией на создание безуглеродных систем энергоснабжения арктических территорий и инфраструктуры Северного Морского пути.

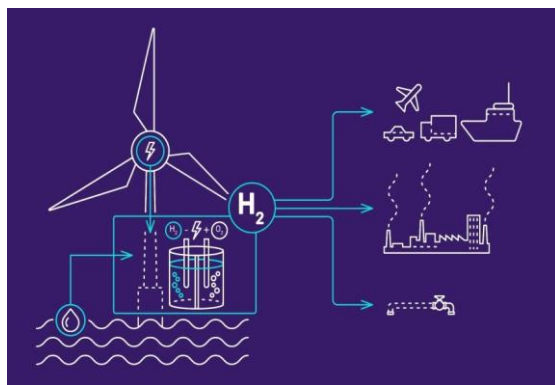


Рис. 1. Схема производства и транспортировки водорода

Приливная Мезенская станция планировалась создаваться под определённую мощность в 4000 Мвт, в среднем за год генерация электроэнергии составила бы 19,7 миллиарда Квт/ч, но при этом мощность могла быть увеличена до 8000 Мвт, а производство тогда могло быть

повышено до 38,9 млрд Квт/ч. Учёные исследовали пятьдесят три морских области Баренцового моря и Белого моря. В результате было получено, что Мезенская акватория обладает всеми характеристиками приливного полтенциала электрической энергии [2]. Весь Мезенский район Архангельской области официально входит в состав Арктической зоны Российской Федерации. Приливы в устье реки Мезени распространяются вверх по реке на 64 км, вода может подниматься и опускаться до 6-10 метров. С экологической точки зрения может произойти уменьшение солесодержания воды в месте строительства приливной станции, лёд в этом районе может незначительно ускорить процесс таяния. Размыв дна и движение наносов смогут полностью восстановиться спустя два года после старта работы водородной станции. Также не будет выброс отходов производства, сжигания топлива и радиоактивных опасных выбросов. В плане Мезенской приливной станции описывается, что будет предотвращено 17,7 миллионов выбросов углекислого газа за год. Приливные электростанции вносят свой вклад в сокращение вредных выбросов в атмосферу и решение проблемы глобального потепления[1]. Транспортировка планировалась по Северному морскому пути. Ключевыми партнёрами могут стать Азиатские страны, например, Китай. Япония имеет договоренности с такими странами, как Австралия и Бруней. С Брунеем в мае 2020 года Япония смогла осуществить перевозку жидкого водорода танкерным методом.

Водородная энергетика в ближайшем будущем вытеснит все другие виды энергии. Развитие декорбанизации способствует недопущению экологической катастрофы, тенденции к вредным выбросам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демиденко Н. А. Исследование гидролого-морфологических процессов в устьевой области Р. Мезени для целей проектирования Мезенской приливной электростанции / Н. А. Демиденко, И. В. Землянов, О. В. Горелиц, В. Н. Михайлов. – Текст : непосредственный // Труды Государственного океанографического института. – 2008. – № 211. – С. 273-288.
2. Лукин Ю. Ф. Гибридная Мезенская водородно-приливная электростанция / Ю. Ф. Лукин. – Текст: непосредственный // Арктика и Север. – 2021. - № 45. - С. 1-13.
3. Япония спустила на воду первый в мире танкер по перевозке жидкого водорода : сайт. – URL : <https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/512807-yaponiya-spustila-na-vodu-pervyy-v-mire-tanker-po-perevozke-zhidkogo-vodoroda/> (дата обращения 08.11.2022). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Чурбанов А. Л., ст. преподаватель

ОЦЕНКА ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БОРТОВЫХ КАМНЕЙ

Ахтямов Д. А., магистрант

Литвинова Н. А., канд. техн. наук, профессор,

litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной работе рассмотрена проблема освещения производственных помещений предприятия, раскрыта классификация искусственного освещения. Проведена оценка искусственного освещения производственных помещений, проанализированы фактическая схема освещения, тип источника освещения. Сделаны выводы о несоответствии гигиенических нормативов на 100-200 лк. Даны рекомендации по улучшению светового режима производственных помещений.

Ключевые слова: рабочее место, методика, освещение, рекомендации

Искусственное освещение прежде всего необходимо там, когда естественного света недостаточно или отсутствует. Таким образом при выполнении работы в течение рабочей смены в различное время суток и года необходимо искусственное освещение.

Работа оператора зачастую связано с восприятием различных объектов различения. Прежде всего это компьютерные тексты, буквы и цифры в тетради.

Работу оператора можно отнести к разряду зрительной работы 5 и 6 соответственно малой точности и очень малой точности.

Достаточное освещение имеет большое значение для сохранения здоровья работника. С помощью благоприятного светового режима ускоряются нервные процессы, он оказывает благотворное психофизиологическое воздействие на активность, работоспособность, качества выполняемой работы.

Напротив, недостаток освещения на рабочей поверхности приводит условия труда к вредному классу, где увеличивается напряженность работ, глаза быстрее утомляются, объекты плохо различаются, все это ведет в дальнейшем к формированию профессиональных болезней.

Согласно ФЗ от 30 декабря 2009 № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» предусматривает достаточное искусственное освещение.

Основное требование закона – соответствие освещения рабочего места нормативным требованиям.

Также важно рациональное распределение светового потока, это достигается за счет рационального размещения светильников. Неравномер-

ное освещение вызывает излишнюю яркость, резкие тени, а если присутствуют подвижные тени, они могут привести к травме.

Вообще приветствуется рассеянное освещение, как наиболее благоприятное, которое имитирует распространение солнечных лучей сверху.

К искусственному освещению предъявляется ряд требований.

Постоянство, надежность, бесперебойность, пожарная и электрическая безопасность, удобство и эргономичность.

Для искусственного освещения устанавливаются нормативы согласно СНиП 23-05-95. Для деятельности оператора, согласно классу зрительных работ, это показатель составляет 400 лк.

Также при проектировании системы освещения важно учитывать снижения мощности освещения с течением времени. Для этого существует коэффициент запаса, величина которого варьируется от 1 до 2.

Освещение в производственных помещениях в отношении классификации освещения является искусственным, рабочим, верхним или боковым, как правило рассеянный свет.

Целью данной работы является оценка освещенности в помещениях **нефтеперерабатывающего предприятия**

Итак, освещение замерялось при помощи прибора-люксметра ТКА, в производственных помещениях. Измерение проводились на рабочей поверхности при включенном искусственном освещении. В помещениях оценивалось общее верхнее освещение. Данные замеров представлены в Табл. 1.

По результатам измерений можно сказать, что в большинстве помещений наблюдается недостаточная освещенность. Для данного класса зрительной работы. В данном случае для используемых объектов различений норма является 400 лк. Исходя из фактических данных, освещение меньше на 100-200 лк.

Анализ схемы освещения показал, в некоторых случаях освещение является неравномерным, неправильно проведен светотехнический расчет, источники освещения подобраны меньшей мощности или их количество не соответствует нормируемому световому потоку.

Таким образом, следует изменить схему освещения до нормируемых значений освещенности, добавить локальное освещение рабочей поверхности для достижения требуемого светового потока.

Результаты измерения освещения

№	Факт знач. F, лк	Тип источника освещения	Фактическая схема освещения
1	330л	диод	
2	600	газоразрядная	
3	390	диод	
4	380	газоразрядная	
5	570	газоразрядная	
6	350	диод	
7	450-700	газоразрядная	
8	280-320	газоразрядная	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов Л. А. Безопасность жизнедеятельности / Л. А. Михайлов. – Санкт-Петербург : Издательство «Питер», 2009. – 461 с. – Текст : непосредственный.

2. Русак О. Н. Безопасность жизнедеятельности / О. Н. Русак, К. Р. Малаян, Н. Г. Занько. - Москва : Лань, 2016. – 448 с. – Текст : непосредственный.

РАЗДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОЙ И ЖИДКОЙ ФАЗЫ БУРОВЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ.

Бабкина В. А., бакалавр, babkina.lera2001@mail.ru

Загорская А. А., ст. преподаватель, zagorskajaaa@tyuiu.ru

Пимнева Л. А., д-р хим. наук, зав. кафедрой, pimnevala@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: в данной работе рассматриваются перспективы использования электрокоагуляции в процессах утилизации отходов бурения. В статье приводятся основные характеристики процесса и полученные при разделении буровых шламов эффекты.

Ключевые слова: электрокоагуляция, буровые шламы, плотность тока, катод, анод.

Нефтегазовый комплекс играет важную роль в экономике России: обеспечение энерго-и теплоснабжения, производство различных видов топлива и, в конечном итоге, повышение занятости населения, занимает важную роль в жизни российского общества. Однако эксплуатация нефтяных месторождений оказывает не только положительное влияние на экономику, но и приводит к образованию промышленных отходов и сточных вод. Нефтепродукты и буровые отходы представляют собой угрозу для окружающей среды вследствие значительных объемов. Поиск методов снижения классов опасности с последующей утилизацией таких отходов представляет актуальную инженерную задачу для российских экологов.

После всех проведенных работ на месторождениях в скважинах появляются отходы IV класса опасности: буровые сточные воды и буровые шламы. Только на одну скважину глубиной в 6628,68 метра образуется около 750 м³ буровых отходов, который размещают на специально отведенных территориях. В сложившихся геологических, гидрологических и климатических условиях обширного тюменского региона, не на всех территориях разрешен такой способ утилизации, а на остальных утилизация происходит путем изготовления технического грунта. [1]. Сведения об отходах, образующихся в процессе эксплуатации куста скважин, приведены на рисунке 1.

Буровые отходы оказывают негативное влияние на состояние окружающей среды, потому что они содержат в своем составе токсические элементы: нефть, компоненты бурового раствора и металлов. Они представляют собой плотную глинистую массу темносерого цвета без запаха. Характеристики бурового шлама представлены в таблице 1.

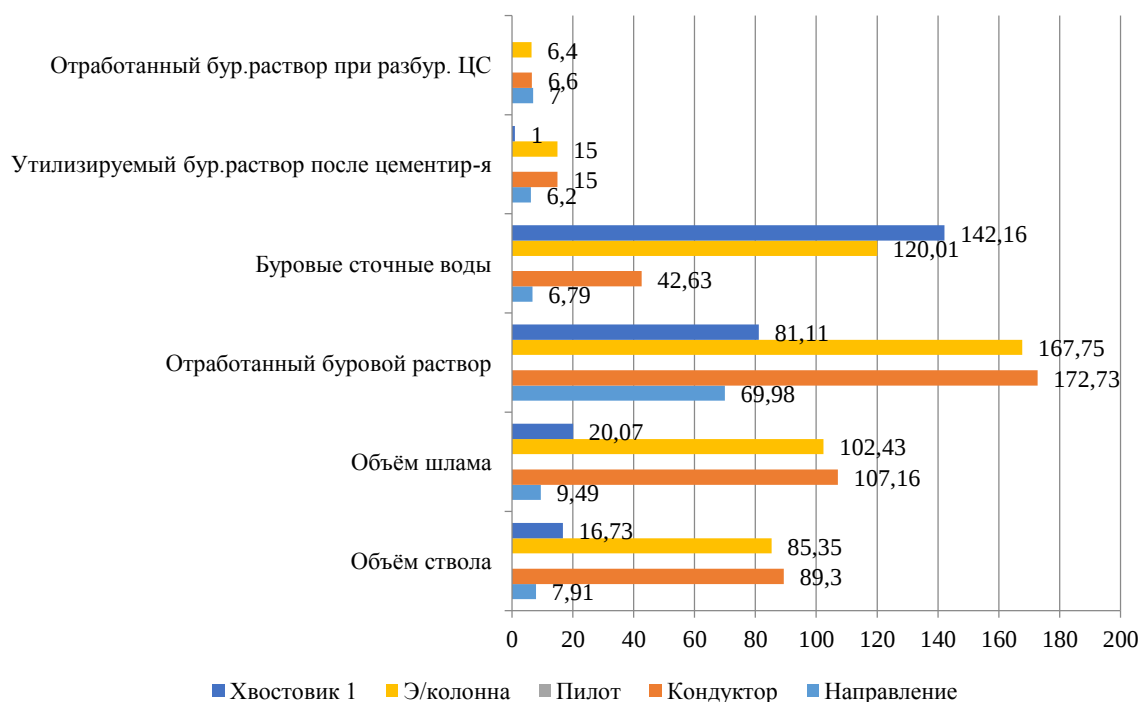


Рис.1. Объёмы отходов, образующихся при бурении 1 скважины глубиной 6628,68 м, в м³

Таблица 1

Физико-химические характеристики буровых шламов

Параметр	Значение	Единица измерения
рН	9,1-9,25	-
Электропроводимость	520-540	мкСм/см
Влажность	50-60	%
Нефтепродукты	24,0-26,5	мг/дм ³
Сера (подвижная)	0,0084-0,031	мг/100г
Сухой остаток	0,280-0281	%

В составе катионов водной вытяжки из буровых шламов преобладает натрий, катионы калия и кальция содержатся в гораздо меньшем количестве. В составе анионов абсолютно преобладает гидрокарбонатный ион. В целом ионный состав водной вытяжки гидрокарбонатнонатриевый.

Кроме непосредственного воздействия отходов бурения на окружающую среду вследствие миграции его компонентов, серьезную проблему представляют и территории, отчужденные для его размещения.

Необходимо уделять должное внимание утилизации данного вида отхода. Один из наиболее эффективных способов подготовки буровых шламов является электрокоагуляция, с помощью которой возможно разложить токсичные компоненты шламов на компоненты более низких клас-

сов опасности, увеличить влагоотдачу отходов и нейтрализовать pH [2]. В ходе процесса электроды растворяются и ионы металлов вступают в химическую реакцию с загрязняющими веществами, в следствии которые образуются в хлопьевидные осадки [3].



Рис. 2. Отходы бурения после размещения в шламонакопителе

В ходе работы осуществлялась электрокоагуляция с использованием стального анода и катода из алюминия. Плотность тока находилась в пределах $75-100 \text{ А/м}^2$ электрода, время обработки составляло 10 мин, объем каждой пробы не превышал 100 мл. Для повышения скорости и эффективности обработки в каждую пробу добавлялось 6 мг/дм^3 $0,1\text{Н}$ раствора соляной кислоты. Результат обработки приведены в таблице 2.

Таблица 2

Изменение характеристик бурового шлама в процессе электрокоагуляции

Параметр	Единица измерения	Значение	
		до электрокоагуляции	после электрокоагуляции
pH	-	9,1	8,3
Нефтепродукты	мг/дм^3	26,5	5,3
Влагоотдача	%	13	48

После обработки заметно увеличение объемов жидкой фазы после непродолжительного отстаивания. Это подтверждает положительное влияние электрокоагуляции на процессы разделения пастообразных буровых шламов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Руководящий документ. Методические указания по определению объемов отработанных бурильных растворов и шламов при строительстве скважин от 01.09.2013 года № 39-3-819-91. - Текст : электронный // Портал ГАРАНТ.РУ : сайт. – 2022. - URL : <https://base.garant.ru/71356816/> (дата обращения 12.09.2022)
2. Куприна Е. Э. Разработка электрохимической технологии и лабораторного оборудования доочистки отработанных буровых растворов электрохимическим способом / Е. Э. Куприна, В. С. Бобылев, И. А. Наумов. - URL : <https://echemistry.ru/literatura/tezisy/razrabotka-elektrohimicheskoy-tehnologii-i-laboratornogo-oborudovaniya-doochistki-otrabotannyh-burovyh-rastvorov-elektrohimicheskim-sposobom.html> (дата обращения 12.09.2022). – Текст : электронный.
3. Santos I. Electrochemical treatment of effluents from petroleum industry using a Ti/RuO₂ anode / I. Santos, M. Dezotti, A. Dutra. - URL : <https://www.semanticscholar.org/paper/Electrochemical-treatment-of-effluents-from-using-a-Santos-Dezotti/d00e7379a954a808f56976312e57740952b192c1> (дата обращения 12.09.2022). – Текст : электронный.

УДК 534

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И ГАЗА

Бентковская О. В., преподаватель, bentkovskajaov@tyuiu.ru

Зарубина Ю. Ю., преподаватель, zarubinajj@tyuiu.ru

Муравьев А. А., обучающийся, elmanka@bk.ru

г. Сургут, Филиал Тюменского индустриального университета в городе Сургуте

Аннотация. Известно, что дальний транспорт нефти и газа на сегодняшний день является наиболее распространённым видом транспорта, который наделён как рядом достоинств, так и рядом недостатков. Более подробно в данной статье проведём сравнительную характеристику дальнего транспорта нефти и газа в аспекте экологии. На сегодняшний день дальний транспорт нефти и газа является наиболее распространённым видом транспорта, который наделён как рядом достоинств, так и рядом недостатков. Рассмотрим более подробно каждый вид с учётом экологических основ.

Ключевые слова: нефть, газ, транспорт, экология, охрана окружающей среды.

На сегодняшний день дальний транспорт нефти и газа является наиболее распространённым видом транспорта, который наделён как ря-

дом достоинств, так и рядом недостатков. Рассмотрим более подробно каждый вид с учётом экологических основ.

На первом месте железнодорожный транспорт, с помощью которого сама перевозка нефтепродуктов осуществляется в вагонах-цистернах, грузоподъёмность которых составляет от 50 до 120 тонн. Вагоны-цистерны изготавливаются из листовой стали, толщина которой составляет от 8 до 11 мм. Вагон-цистерна заполняется нефтепродуктом с помощью налива сверху, слив осуществляется снизу. Каждый вагон-цистерна оборудована смотровой площадкой, которые обеспечивают надёжную эксплуатацию цистерны в пути, а также при осуществлении сливно-наливных работах [1].

Отмечают следующие достоинства данного вида, а именно: перевозка нефтепродуктов универсальна в любом объёме; сроки доставки равномерны на протяжении всего календарного года; доставка нефтепродуктов с помощью разветвлённой железнодорожной сети в густонаселённые и сельскохозяйственные районы.

К недостаткам данного вида относится: многочисленные затраты эксплуатационного характера; использование мощности подвижного состава минимально, так как вагоны-цистерны на обратном пути незагружены; большие потери нефтепродуктов в момент погрузочно-разгрузочных операциях; наличие специально оборудованных пунктов для осуществления сливно-наливных операций, а также для осуществления зачистки вагонов-цистерн (дополнительная территория); в случае разлива нефтепродуктов происходит загрязнение окружающей среды.

Следующий вид транспорта водный. Как правило данный вид бывает: по рекам и озёрам (речной) и по морям и океанам (морской). Транспортировка нефтепродуктов осуществляется с помощью танкеров (баржах), грузоподъёмность которых достигает миллиона тонн, и которые характеризуются по водоизмещению, дедвейтом, грузоподъёмностью, осадкой, скоростью.

Выделяют следующие достоинства данного вида: неограниченная пропускная способность расположения водных путей; отсутствие необходимости создания линейных сооружений.

Из недостатков данного вида отмечают: супертанкеры рационально использовать при дальних перевозках, на малых расстояниях данный вид не рентабелен; большая грузоподъёмность танкера характеризуется дешёвой перевозкой; в случае разлива нефтепродукта в водоём происходит масштабное загрязнение окружающей среды.

На третьем месте трубопроводный вид транспорта, с помощью которого транспортировка осуществляется с помощью магистрального трубопровода. Магистральный трубопровод позволяет перекачивать как нефть, так и нефтяные фракции, например: бензиновую, керосиновую, дизельную, мазут. Магистральный нефтепровод представляет собой трубопровод диаметром 530-1220 мм, протяжённость от 50 км и предназначены они для до-

ставки нефти из районов её добычи непосредственно на нефтеперерабатывающий завод, либо к месту налива и её дальнейшей транспортировки с помощью железнодорожного или водного транспорта.

К достоинствам данного вида относятся: минимальная себестоимость перекачки; минимальные капитальные вложения; быстрая, круглогодичная поставка; минимальные потери при перекачке нефтепродуктов; срок строительства минимален; перекачка нескольких сортов нефтепродуктов по одному трубопроводу; строительство параллельных лупингов, насосных станций.

К недостаткам данного вида относится: необходимость проложить весь трубопровод для эксплуатации; крупные затраты на заполнение всего трубопровода; в случае аварии разлив нефтепродуктов наносит огромный урон окружающей среде.

Далее следует автомобильный вид транспорта, который осуществляет доставку нефтепродуктов на заводы, АЗС, автобазы и прочее. Стоит отметить, что для перевозки самой нефти данный вид не используется. Данный вид актуален для перевозки на незначительные расстояния, так как на большие расстояния экономически не выгоден. Бензин, дизельное топливо, мазут перевозят в цистернах, автоприцепах, тарах бортовых машин [2].

Данный вид обладает следующими достоинствами: доставка с большой скоростью, с учётом небольших партий; высокая манёвренность и проходимость; высокая оперативность. К недостаткам автомобильного транспорта относят: стоимость перевозки в 10-20 раз больше; неполная загрузка автомобильных цистерн из-за порожних пробегов; зависимость от состояния дорог; урон окружающей среде в случае разлива нефтепродукта.

Стоит отметить, что для каждого вида характерен один недостаток, а именно урон окружающей среде при разливе нефти и нефтепродуктов. Также необходимо руководствоваться КоАП РФ статья 8.50 Нарушение требований по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов ("Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях" от 30 декабря 2001 года № 195-ФЗ (ред.от 24 сентября 2022 г.)); Федеральный закон "О внесении изменений в Федеральный закон "О континентальном шельфе Российской Федерации" и Федеральный закон "О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации" № 287-ФЗ от 30 декабря 2012 года (ред.от 07 мая 2013 г.) [3]. Из вышеизложенного следует, что для каждого вида транспортировки нефти и нефтепродуктов предусмотрены как достоинства, так и недостатки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муравьёв А. А. Актуальность экологических основ природопользования в аспекте добычи нефти и газа / А. А. Муравьёв, А. К. Сафарова,

О. В. Бентковская. – Текст : непосредственный // Планирование, проведение и толкование итогов научно-технических исследований : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. – Стерлитамак, 2022. – С. 45-49.

2. Рахимзянов И. И. Организация системы экологической безопасности при транспортировке нефти и нефтепродуктов автотранспортом / И. И. Рахимзянов. – Текст : непосредственный // Вестник магистратуры. – 2021. – № 5-2 (116). – С. 9-11.

3. Эльман К. А. Оценка нормирования состояния окружающей среды геологии нефти и газа / К. А. Эльман. – Текст : непосредственный // Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов : материалы Международной научно-практической конференции. – Тюмень, 2020. – С. 239-240.

УДК 351.811.1

ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ НА ДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ЗА 2021-2022 ГОД

Васильева Е. А., бакалавр, vasilievakaterina2003@mail.ru

Филиппова Ф. М., канд. хим. наук, доцент, fillipova.fm@kgeu.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Смертность на дорогах – это одна из важнейших проблем современного мира. В данной статье рассматривается статистика ДТП в Республике Татарстан в 2021-2022 году, основные причины дорожно-транспортных происшествий и решения, которые помогут избежать аварии. Анализ показывает, что появилась тенденция снижения смертности на дорогах.

Ключевые слова. Дорожно-транспортное происшествие, чрезвычайные ситуации, смертность, статистика.

По информации Всемирной организации здравоохранения каждые 30 секунд на проезжей части погибает один человек. Каждый год потерпевшими при дорожно-транспортном происшествии становятся 1,2 миллиона человек и 25-40 миллионов получают тяжелые ранения. Среднестатистические данные по РФ о ежегодной перевозке автотранспортом исчисляются миллиардами тонн грузов и миллионами человек, что позволяет говорить об актуальности проблем, создаваемых на автомобильном транспорте.

Дорожно-транспортное происшествие – это событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб [1].

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте являются столкновения (37,9%), наезды (37,1%), опрокидывания (16,1%), прочие (8,9%) [2]. В качестве других причин можно выделить неудовлетворительное качество дорог, неисправные транспортные средства, погодные условия, несоблюдение водителями правил дорожного движения (ПДД).

Проанализируем статистику дорожно-транспортных происшествий в Республике Татарстан в 2021 и 2022, проведем сравнительный анализ и составим общую схему ДТП за данный период. На рисунке 1 представлена статистика количества случаев ДТП за 2021 - 2022 год.

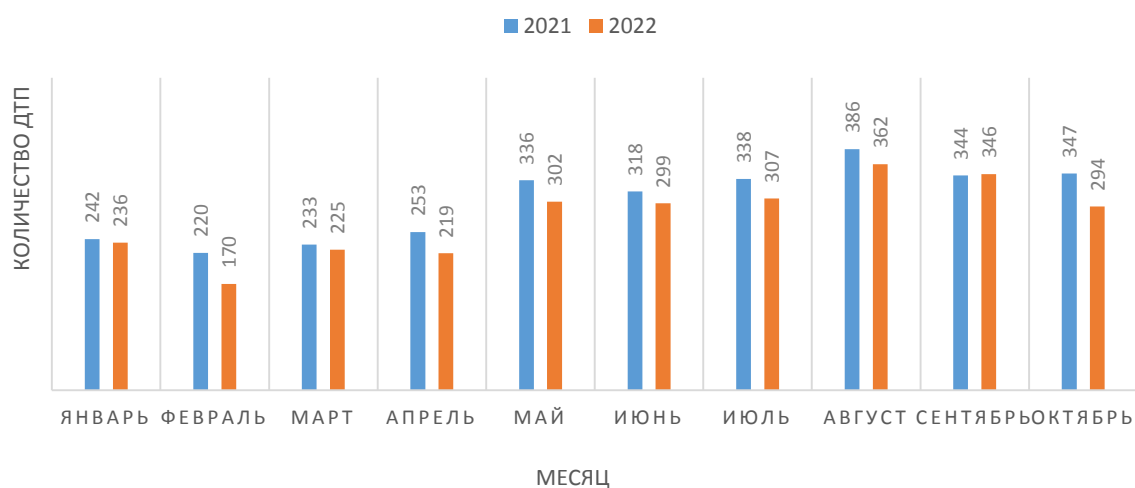


Рис. 1. Статистика ДТП в Республике Татарстан за 2021 – 2022 г

Так, в 2021 году в Республике Татарстан произошло 3,8 тыс. ДТП. По данным Росстата суммарное количество погибших составило 313 человек. Самым аварийным месяцем стал август, что говорит о том, что чаще ДТП происходят именно по вине человека, то есть вне зависимости от погодных условий.

Рекордно низкий показатель смертности пришелся на февраль, погибло 11 человек. Наиболее высокий показатель – в августе, 37 человек.

С января по октябрь 2022 года произошло 2,8 тысячи ДТП. Погибло на дорогах 256 человек. Как и в 2021 году, самым опасным оказался август.

Несмотря на то, что мы не можем анализировать общую картину ввиду недостатка статистических данных, мы можем выявить среднее значение по месяцам. Так, среднее количество ДТП в 2021 году – 321, а в 2022 г. – 276. Подводя итог выполненной работы, можно сказать, что ситуация на дорогах постепенно улучшается. Имеется тенденция сокращения количества ДТП в республике Татарстан. Существующая ситуация сложилась в том числе благодаря действиям Правительства Татарстана. По заявлениям властей, принимаются следующие меры:

– В рамках реализации Плана дорожных работ сформированы мероприятия по повышению безопасности дорожного движения, согласованные с Управлением ГИБДД.

– Планируется строительство тротуаров в 11 районах республики на 13 участках автомобильных дорог на общую сумму 100 млн рублей.

– Выполняются мероприятия по обустройству искусственного освещения на автомобильных дорогах общего пользования регионального значения, проходящих через населенные пункты – 54 объекта;

– Выполняются мероприятия по установке металлического ограждения барьерного типа – 27,648 км на разделительной полосе автодороги Набережные Челны – Заинск – Альметьевск [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов. — Москва : Высшая школа, 1999 — 448 с. — Текст : непосредственный.

2. Адамян В. Л. Дорожно-транспортная безопасность и аварии на автомобильном транспорте / В. Л. Адамян, Ю. Д. Кудинова, Н. В. Бабченкова. — Текст : непосредственный // Проблемы современной науки и образования. — 2017. — № 16. — С. 56-58.

3. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. - Текст : электронный // Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан : официальный сайт. - 2022. - URL : <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения : 16.11.2022).

УДК 541.128

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гурбанова Л. М., Phd по химии, преподаватель, lale_qurbanova@rambler.ru
г. Баку, Азербайджанская Республика, Западно-Каспийский университет

Аннотация. На основе моделирования определенных функций каталазных биосенсоров исследован и разработан новый тип высокоэффективных каталазных датчиков, так называемых миметических сенсоров. Эти датчики перед своими биологическими аналогами обладают рядом технологических преимуществ, обычно характерных для химических сенсоров. Разработанная электрохимическая система занимает промежуточное положение между био- и химическими сенсорами.

Ключевые слова: каталазные биосенсоры, миметик, перекись водорода, электрохимическая система

Биосенсоры представляют высокоселективные преобразователи концентрационного сигнала какого-либо вещества в электрический ответ и принцип их действия основан на уникальной способности биополимеров-ферментов антител, нуклеиновых кислот и т. д. "узнавать" свой специфический субстрат в присутствии других многочисленных субстратов.

Несмотря на сравнительно недавнее возникновение этих устройств объем работы в этой области непрерывно растет [1, 2]. Это связано со следующими преимуществами биосенсоров по сравнению с традиционными методами аналитической химии: высокая чувствительность и селективность, экспрессность и простота исследования, возможность проведения непрерывных измерений и т. д. [3]. Наряду с этими преимуществами биосенсоры имеют также некоторые недостатки (как уязвимость биополимеров к воздействиям внешней среды, короткий срок службы и т. д.), которые ограничивают их применения. Заменяв активную часть (биополимеры) биосенсоров их химическими аналогами-мимиками, созданием которых занимается имитационный катализ, можно избавиться от этих недостатков [4, 5].

Целью данного исследования является изучение физико-химической основы создания миметического сенсора для определения H_2O_2 .

Материалы и методы. Создана электрохимическая система-модель миметического сенсора для определения H_2O_2 , состоящая из электрода сравнения ($Ag/AgCl/Cl^-$) и миметического электрода и изучено изменение электрического потенциала в этой системе в результате взаимодействия миметического электрода с добавленным в систему H_2O_2 : сначала измеряют потенциал системы в бидистиллированной воде (фоновый раствор) и затем, добавляя определенное количество H_2O_2 , наблюдают за изменением потенциала водного раствора H_2O_2 .

Миметический электрод готовят склеиванием мимика на поверхность алюминиевой фольги.

Для измерения потенциала вышеуказанной системы используют вольтметр "Ф4834". Все измерения потенциала проводят при непрерывном перемешивании магнитной мешалкой.

Изменение pH водного раствора H_2O_2 наблюдают pH-метром 673 М.

Результаты и их обсуждения. Результаты начальных исследований физико-химической основы создания каталазного сенсора представлены на рисунке (Рис.1).

На рис.1 представлены результаты изучения каталазной активности миметического электрода в 0,03%-ном водном растворе H_2O_2 . Для сравнения на рисунке также показаны результаты изучения активности алюминиевого электрода и алюминиевого электрода с клеем.

Как видно из Рис.1 с добавлением перекиси водорода в систему во всех трех случаях (Al, Al с клеем и миметический электрод) потенциал системы резко повышается. Это связано с разрешением прежнего и формированием

нового поверхностного слоя на границе электрод-раствор. Через некоторое время восстанавливается равновесный поверхностный слой и потенциал на границе Al-раствор и Al-клей-раствор практически не меняется. Рефрактометрические измерения показывают, что Al практически не дает реакцию с H_2O_2 при низких её концентрациях. В то время как потенциал в системе миметический электрод/ $\text{H}_2\text{O}_2//\text{Cl}^-/\text{AgCl}/\text{Ag}$ продолжает изменяться до практически полного разложения H_2O_2 . Практически полное разложение H_2O_2 проверено титрованием раствора перманганатом калия.

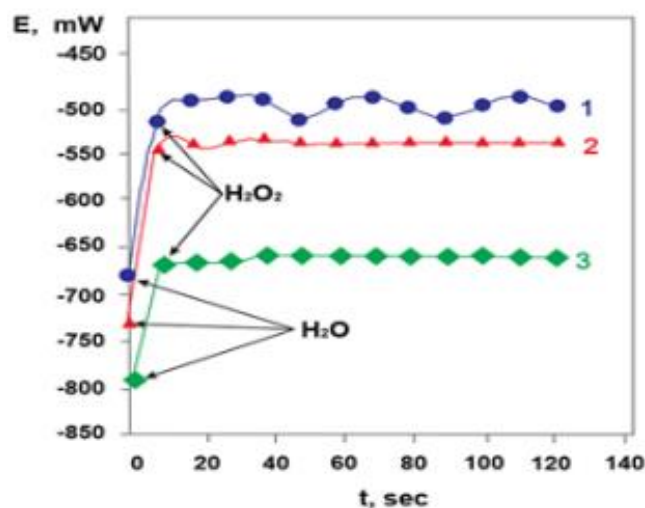


Рис. 1. Изменение потенциала системы от времени: 1- миметический электрод; 2- алюминиевый электрод; 3- алюминиевый электрод с клеем

По нашему представлению (как и доказали следующие опыты) в электрохимической системе протекают следующие реакции:

Катализная реакция



Электрохимическая реакция



Биосенсоры успешно применяются для контроля загрязненности окружающей среды, в медицинской диагностике, в промышленности для производства широкого класса продуктов. Исследования по изучению физико-химических основ создания миметических сенсоров продолжаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Newman J. D. Biosensors: a mixed market / J. D. Newman. – Direct text // World Congress on Biosensors. - Glasgow, 2010. – P. 23-25.

2. Биосенсоры: основы и приложения / Под ред. Э. Тернера, У. Карубе, Дж. Уилсона. – Москва : Мир. – 1992. – 614 с. – Текст : непосредственный.

3. Нагиев Т. М. Имитационные моделирование ферментативного катализа / Т. М. Нагиев. – Текст : непосредственный // Журнал физической химии. – 1996. - № 6. - С. 967-976.

4. Malikova N. N. Research semiconductors biomimetics electrode / N. N. Malikova, N. I. Ali-zadeh, T. M. Nagiev. – Direct text // Nature Inspires, Chemistry Engineers : International Conference on Bioinspired and Biobased Chemistry & Materials. - Nice, 2016. – P. 343-348.

5. Malikova N. N. Research semiconductors biomimetics electrode / N. N. Malikova, N. I. Ali-zadeh, T. M. Nagiev. – Direct text // Nature Inspires, Chemistry Engineers : proceedings 3rd International Conference. – Nice, 2016. – P. 34-36.

УДК 662.76

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА В ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ

Демин А. В., д-р техн. наук, профессор, alexei_demin@mail.ru
Хабибуллина А. Р., магистрант, azalya.azalya-habibullina@yandex.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Актуальность работы обусловлена необходимостью полезного использования углеродсодержащих отходов, как альтернативных возобновляемых источников энергии. Основной целью исследования является оценка энергетических показателей газовых смесей, полученных аллотермическим способом паровой газификации, и удельных выбросов при сжигании газов в тепловых энергоустановках. Для решения поставленных задач использовались методы математического моделирования процессов в высокотемпературных многокомпонентных реагирующих системах. Определен энергетический потенциал генераторного газа, полученного при паровой газификации растительной биомассы. Выполнена оценка удельных выбросов загрязняющих веществ в продуктах сгорания генераторного газа.

Ключевые слова: паровая газификация, генераторный газ, энергетический потенциал, сжигание, удельные выбросы

В настоящее время углеродсодержащие отходы считаются альтернативным возобновляемым энергетическим ресурсом. С точки зрения выбросов углерода нейтральным источником энергии является биомасса, состоящая из отходов растительного происхождения. Все большее практическое

применение находят способы термической утилизации биомассы: пиролиз, газификация, сжигание. Вполне обоснованно газификация имеет ряд преимуществ по сравнению с другими термическими способами. В состав генераторного газа входят горючие газы: в наибольшем количестве H_2 , CO , и в меньших количествах CH_4 , C_2H_4 . Энергетическую ценность генераторных газов снижают CO_2 и N_2 . При паровой и паро-кислородной газификации N_2 практически отсутствует. Наибольшую удельную теплоту сгорания имеют генераторные газы, полученные паровой газификацией. Например, низшая теплота сгорания таких газовых смесей – 12,2-13,8 МДж/нм³; для газов, полученных паро-кислородной газификацией – 10,3-13,5 МДж/нм³; для газов, полученных за счет сжигания части биомассы при подаче в газификатор воздуха – 3,7-8,4 МДж/нм³ [1].

При использовании генераторных газов в тепловых энергоустановках необходимо кроме энергетических показателей оценить и уровень негативного воздействия на окружающую среду при выбросах загрязняющих веществ, содержащихся в продуктах сгорания.

При выполнении исследований для прогнозирования состава и параметров генераторного газа, полученного при паровой газификации, использовалась равновесная модель многокомпонентной реагирующей смеси, основанная на минимизации изобарно-изотермического потенциала и метод расчета термодинамического и химического равновесия [2].

Для прогнозирования состава и параметров продуктов при последующем сжигании генераторного газа использовалась кинетическая модель проточного реактора идеального смешения [3] и механизм химических реакций для реагирующей системы C-H-O-N-S, сформированный на основе базы данных [4].

В расчетах использовался элементный состав биомассы с условной химической формулой: $C_{0,589}H_{1,5197}O_{0,772}N_{0,01}S_{0,0005}K_{0,001}Ca_{0,0025}Si_{0,003}Mg_{0,0007}$.

Зольность биомассы принята равной 3 масс. %. Влажность биомассы в исходном состоянии – 8 масс. %. Низшая теплота сгорания биомассы на рабочую массу $H_u=16248$ кДж/кг. Подвод водяного пара учитывался с помощью значения влажности биомассы, равного 34 масс. % и эквивалентного суммарному содержанию H_2O . Тепловые потери не учитывались.

Некоторые из результатов расчетов, выполненных для различных температур газификации, приведены в табл. 1.

Значения в табл. 1 приведены для сухого обеззоленного состояния газовой смеси: H_r – низшая теплота сгорания газа, кДж/кг; M – масса газа, полученная при газификации одного килограмма биомассы, кг/кг биомассы; g_n – массовая доля газа, тепловая энергия которого используется при аллотермической газификации.

Энергетический потенциал Q , кДж, генераторного газа вычислялся по формуле:

$$Q = H_r \cdot M \cdot (1 - g_n). \quad (1)$$

Термохимический коэффициент полезного действия газификации оценивался по формуле:

$$\text{КПД} = H_{\Gamma} \cdot M \cdot (1 - g_{\text{H}}) \cdot 100 / H_{\text{u}}. \quad (2)$$

Таблица 1

Состав генераторного газа и показатели газификации

Состав генераторного газа и показатели газификации	Температура газификации T , К		
	1000	1050	1100
CO, об. %	40,0403	41,5052	42,4252
H ₂ , об. %	50,0255	51,3574	51,8104
CH ₄ , об. %	2,1795	0,82257	0,25562
H ₂ S, об. %	0,04451	0,043253	0,04285
CO ₂ , об. %	7,2852	5,8585	5,0566
N ₂ , об. %	0,42413	0,41228	0,40855
H_{Γ} , кДж/кг	15829	16022	16153
M , кг/кг биомассы	1,2339	1,237	1,2342
g_{H} , масс. %	0,32381	0,3396	0,35118
Q , кДж	13208	13089	12935
КПД, %	81,29	80,56	79,61

Максимальные значения энергетического потенциала Q характерны для условий газификации при температуре 1000 К. При переработке одной тонны биомассы $Q = 13208$ МДж/кг (3669 кВт·ч). При снижении температуры газификации ниже 1000 К в продуктах газификации увеличивается содержание конденсированного углерода, соответственно уменьшается количество газообразных продуктов.

Для оценки выбросов загрязняющих веществ расчеты параметров и состава продуктов сгорания генераторного газа проведены при типичном для котельных установок значении коэффициента избытка окислителя $\alpha = 1,4$.

Расчетные значения удельных выбросов в пересчете на тонну условного топлива, кг/т у. т: оксидов азота NO_x – 6,008; диоксида серы SO₂ – 3,318; монооксида углерода CO – 29,179; диоксида углерода CO₂ – 2490,6. Для снижения выбросов загрязняющих веществ при практическом применении генераторного газа целесообразно использовать современные технологии сжигания газового топлива и системы очистки отходящих газов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Puig-Arnavat M. Review and analysis of biomass gasification models / M. Puig-Arnavat, J. C. Bruno, A. Coronas. – Direct text // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – Vol. 14. – P. 2841-2851.

2. Алемасов В. Е. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках / В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. С. Черенков. – Москва : Химия, 2000. – 520 с. – Текст : непосредственный.

3. Демин А. В. Математическое моделирование процессов термической утилизации углеродсодержащих отходов / А. В. Демин, Р. Я. Дыганова. – Текст : непосредственный // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22, № 4. – С. 26–30.

4. NIST Chemical Kinetics Database / J. A. Manion, R. E. Huie, R. D. Levin [et al.]. – Text : electronic // NIST Standard Reference Database 17, Version 7.0 (Web Version), Release 1.6.8, Data version 2022. – URL : <http://kinetics.nist.gov/> (date of the application 20.10.2022).

УДК 621.56/.59

ОБЗОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Долгополов А. С.^{1,2}, аспирант, инженер-проектировщик первой категории, dekoу61@mail.ru

Патенян А. А.^{1,2}, аспирант, инженер отдела комплексных проектов, alexandrite96@rambler.ru

¹г. Ростов-на-Дону, Ростовский государственный университет путей сообщения

²г. Ростов-на-Дону, ООО «Ингениум»

Аннотация. Экологическая безопасность холодильных систем является одним из самых актуальных направлений научных исследований и инженерных разработок. В целях снижения негативного воздействия на окружающую среду, в качестве рабочих веществ холодильных систем находят применение природные соединения, а также разрабатываются новые вещества. Степень экологичности этих веществ оценивается по нескольким показателям, которые являются как абсолютными, так и относительными величинами. По представленным данным можно отследить как изменяются показатели воздействия на окружающую среду рабочих веществ холодильных систем.

Ключевые слова. холодильная система, хладагент, экологическая безопасность, окружающая среда, степень экологичности.

Проблема экологической безопасности является одним из приоритетных направлений исследований и направлений технического развития большинства стран мира [1]. Аналогично поиску путей повышения энергетической эффективности инженерных систем, ученые и инженеры заняты решением задач повышения их экологичности. Пути повышения энергетиче-

ческой эффективности комплекса инженерных систем рассмотрены в статье [2]. В данной статье рассмотрена эволюция по экологическому признаку соединений, применяемых в качестве рабочих веществ (хладагентов) в холодильных и климатических системах.

В холодильных системах используются различные хладагенты. Применение тех или иных хладагентов связано с эксплуатационными параметрами системы, ее размерами, капитальными затратами, энергетической эффективностью, безопасностью в эксплуатации и др. Но основными параметрами, влияющими на выбор хладагента, являются возможные ограничения его использования. Такие ограничения вводились международными соглашениями, которые предписывают порядок и сроки вывода определенных веществ из использования в холодильной технике [3].

Степень экологичности хладагентов определяется следующими показателями:

1. Практический предел концентрации хладагента при нахождении человека в помещении (ППНЧ) – предельная концентрация хладагента в помещении, не требующая срочных мер эвакуации в случае непреднамеренной разгерметизации холодильного контура парокомпрессионной холодильной машины и попадания всего количества холодильного агента в атмосферу помещения [4].

2. Предельно допустимая концентрация (ПДК) – концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном воздействии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний [4].

3. Озоноразрушающий потенциал (ОРП) – характеристика, показывающая как хладагент влияет на состояние озонового слоя относительно газа R-11 (трихлорфторметан) [4].

4. Потенциал глобального потепления (ПГП) – величина, используемая для пересчета в эквивалент диоксида углерода антропогенных выбросов парниковых газов и их абсорбции поглотителями [4].

Показатели степени экологичности, наиболее используемых в разные периоды и перспективных для современного использования хладагентов, представлены в таблице 1 [4].

По представленным показателям степени экологичности хладагентов можно отследить такие изменения как: постепенный отказ от веществ, содержащих хлор; применение веществ с низким ПГП; применение природных веществ, ПГП которых в тысячи раз меньше, чем у фреонов.

Однако, следует отметить, что применение природных соединений в качестве хладагентов холодильных систем сопряжено со следующими сдерживающими факторами:

- многие природные соединения (аммиак, изобутан, пропан) являются взрывоопасными при определенной концентрации веществами и их безопасное применение возможно при определенных условиях эксплуатации и размерах систем;

- большая часть работающих холодильных систем проектировалась и вводилась в эксплуатацию с фреонами, и их переоснащение требует замены части компонентов и капитальных затрат;

- использование двуокиси углерода в качестве хладагента ведет к резкому увеличению капитальных затрат на производство холодильной системы, по причине высоких (до 120 бар) рабочих давлений в контуре такой системы.

Таблица 1

Показатели степени экологичности хладагентов

Обозначение хладагента	Название хладагента	ППНЧ, кг/м ³	ПДК, мкг/м ³	ОРП	ПГП
R-11	Трихлорфторметан	0,300	0,00600	1	4600
R-22	Хлордифторметан	0,300	0,210	0,055	1700
R-134a	1,1,1,2-тетрафторэтан	0,250	0,210	0	1300
R-290	Пропан	0,00800	0,0900	0	3
R-404a	–	0,520	0,520	0	3780
R-410a	–	0,440	0,387	0	1980
R-507a	–	0,530	0,526	0	3850
R-600a	Изобутан	0,0110	0,060	0	3
R-717	Аммиак	0,00035	0,000220	0	0
R-744	Двуокись углерода	0,100	0,070	0	1
R-1234yf	2,3,3,3-тетрафтор-1-пропен	0,060	0,467	0	4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : Федеральный закон № 7-ФЗ : [принят Государственной думой 20 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]. – URL : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 05.11.2022). – Текст : электронный.

2. 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. – Тюмень, 2021. – С. 294-296.

3. Позиция Российского союза предприятий холодильной промышленности по вопросу Североамериканской поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой / А. В. Бараненко, Ю. В. Дубровин, А. С. Любимцев [и др.]. – Текст : электронный // Холодильная техника. – 2013. – № 7. – URL :

https://elibrary.ru/download/elibrary_21952435_11706674.pdf (дата обращения: 05.11.2022).

4. 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 : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 августа 2015 г. № 1132-ст : введен впервые : дата введения 2016.02.01 / разработан Российским союзом предприятий холодильной промышленности. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 58 с. – Текст : непосредственный.

УДК 504.06

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дубровская М. О., обучающийся, mariadubrovskaya04@gmail.com

Пигилова Р. Н., преподаватель, rozapigilova@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В условиях предрасположенности России к промышленным отраслям экономики в эпоху цифровизации, отходы и выбросы, вредные для окружающей среды, остаются значимой проблемой в стране. Для определения прогресса экономических субъектов Российской Федерации в области ответственного отношения к окружающей среде, в статье проведен анализ экологической направленности предприятий. Выделены тенденции реформирования сферы утилизации отходов и выделение предприятиями области защиты экологии. Российская Федерация начинает свой путь экологизации каждого предприятия и всей страны в целом.

Ключевые слова: окружающая среда, комплексное экологическое разрешение, тенденции экологичности предприятий, инвестиции.

Охрана окружающей среды - это практика защиты окружающей среды на индивидуальном, организационном или государственном уровнях на благо как окружающей среды, так и людей. Из-за давления выдающихся технологий биофизическая среда деградирует. Чтобы охрана окружающей среды стала реальностью, обществу важно развивать каждую из этих областей, которые вместе будут информировать и стимулировать решения в области охраны окружающей среды.

Для анализа практики защиты окружающей среды, необходимо рассмотреть показатели образования, утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели образования, утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления с 2017 по 2021 года

Год	Образование отходов производства и потребления, млн. тонн	Утилизация и обезвреживание отходов производства и потребления, млн. тонн
2017	6220,6	3264,6
2018	7266,1	3818,4
2019	7750,9	3881,9
2020	6955,7	3429,0
2021	8448,6	3937,2

Таблица составлена по данным федеральной службы государственной статистики [1] и федеральной службы по надзору в сфере природопользования [2].

При анализе данных выделяется стабильность в утилизации отходов. Несмотря на это, в сопоставлении с количеством самих отходов, ситуация в данном для анализа периоде принимает негативную форму. Необходимо принимать стратегические меры, которые трансформируют состояние экологизации в стране.

Сегодня забота об окружающей среде является одним из основных показателей корпоративной эффективности и репутации среди инвесторов. Тем не менее, историческая практика эксплуатации различных технических мощностей и объектов создала значительные экологические проблемы в промышленном секторе, и теперь требуются значительные инвестиции для надлежащего управления и решения вопросов экологии [3].

В то время, как на западе приоритетное внимание на уровнях государства и фирм уделяется экологии, в Российской Федерации данная тенденция только начинает проявляться. В промышленной стране, как Россия, стратегической задачей каждого предприятия является улучшение качества, в первую очередь, корпоративного управления, затем - создания социальных условий для работников, партнеров и поставщиков. Ответственное отношение к окружающей среде в течение последних двух лет становится стратегически важным не только для сохранения природы для будущих поколений, но и для привлечения инвестиций. Хозяйствующие субъекты западных стран на мировом рынке имели ориентацию на показатели экологичности отечественных субъектов. В текущих условиях санкций со стороны запада, российская экономика проводит переориентацию на азиатский, восточный рынок, где ориентир на экологию на данный момент ниже, чем на западе, но значительно выше, чем в России.

Помимо экономических тенденций, вынуждающих предприятия выделить сферу охраны окружающей среды, государство выстраивает политику зеленой повестки. Актуальными и недавними государственными решениями выступают утверждение правил представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов, порядка создания и ведения реестра выбросов таких газов (Постановление Правительства РФ от 20 апреля 2022 г. № 707), а также критериев отнесения юридических лиц и ИП к регулируемым организациям, которые согласно ст. 7 Федерального закона от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ[4] обязаны ежегодно – начиная с 1 января 2023 года – отчитываться о выбросах парниковых газов (Постановление Правительства РФ от 14 марта 2022 г. № 355). Данные постановления способствуют отслеживать выбросы и, в соответствии с результатами, принимать необходимые меры. Стратегически важной мерой стало обязательное внесение платы за негативное воздействие на окружающую среду от хозяйствующих субъектов и ИП.

Таким образом, в Российской Федерации механизмы мировой экономики и само государство постепенно стимулируют бизнес к ответственному отношению к окружающей среде путем получения выгоды от положительных результатов в этой сфере и санкций от негативных, что является осторожной и продуктивной мерой в новых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальная статистика по окружающей среде. - Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. - 2022. - URL : <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения : 22.10.2022).

2. Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования : официальный сайт. - 2021. - URL : <https://rpn.gov.ru/opendata/> (дата обращения: 21.10.2022).

3. Moura T. Corporate Risk Strategic Management and Probabilistic Analysis Related to Environmental Liabilities : A Case Study / T. Moura, H. Flávio, F. Nascimento, W. Odle. - Direct text // Journal of Environmental Protection. - 2022. - Vol.13, No.7. - P. 490-508.

4. Российская Федерация. Законы. Об ограничении выбросов парниковых газов : Федеральный закон № 296-ФЗ : [принят Государственной думой 1 июня 2021 года : одобрен Советом Федерации 23 июня 2021 года]. – Москва : Российская газета - Федеральный выпуск: №147(8498). – Текст : непосредственный.

**ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ВОДЫ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ “ЗЕЛЕНОГО” ВОДОРОДА: ВЛИЯНИЕ
МОРФОЛОГИИ ZNO НАНОСТРУКТУР
НА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ**

Есбергенова А. С., ст. научный сотрудник, amugul@mail.ru

Шаисламов У. А., д-р. физ.-мат. наук, зав. лабораторией,
sulugbek@gmail.com

г. Ташкент, Республика Узбекистан, Центр развития Нанотехнологии при
Национальном университете Узбекистана им. М. Улугбека

г. Ташкент, Республика Узбекистан, Факультет физики Национального
университета Узбекистана им. М. Улугбека

Аннотация. В статье изучена возможность получения «зелёного водорода» фотокаталитическим расщеплением воды. С этой целью синтезированы и исследованы наноструктурированные материалы на основе оксида цинка (ZnO) с помощью гидротермального метода. Выявлено, что соотношение концентрации прекурсора Zn и щелочного соединения оказывают значительное влияние на морфологию наноструктур (НС) ZnO.

Ключевые слова: «зеленый водород», фотокатализ, наноструктура, оксид цинка, фотокаталитическая активность, гидротермальный метод.

Республика Узбекистан в 2018 году ратифицировала Парижское соглашение с целью развития экологически чистых источников энергии, взяв на себя количественное обязательство, сократить удельные выбросы парниковых газов на единицу ВВП на 10% к 2030 году по сравнению с уровнем 2010 года [1].

В связи с этим в стране принимаются и реализуются меры по снижению выбросов парниковых газов, уменьшению энерго- и ресурсопотребления, в том числе за счет внедрения энергосберегающих технологий, расширения использования возобновляемых источников энергии. Строительство инфраструктуры водородной энергетики также относится к комплексным мерам, направленным на обеспечение энергоэффективности экономики, усиление энергетической и экологической безопасности страны [2,3].

Фотокаталитическая генерация водорода - это процесс, в котором используется только свет и полупроводниковые наночастицы для разложения воды на водород и кислород [4,5]. В процессе фотокаталитического расщепления воды для получения водорода носители заряда в фотокаталитическом материале с полупроводниковыми свойствами, достигают поверхности материала и осуществляют реакцию окисления и восстановления воды, и в результате разлагаются на составляющие воды H_2 и O_2 .

В этом контексте ZnO как мультифункциональный, наноструктурированный полупроводниковый материал (ширина запрещенной зоны $\sim 3,3$ эВ) имеет целый ряд преимуществ, таких как высокая подвижность носителей заряда, большой энергией связи экситона (60 мэВ), и возможность получать структуры различных форм.

В связи с этим, целью данной работы является синтез и исследование наноструктурированных материалов на основе ZnO с помощью простого и эффективного гидротермального метода для дальнейшего практического применения в фотокаталитической генерации водорода.

НС ZnO были синтезированы с помощью гидротермального метода в щелочном растворе. Раствор KOH добавляли по каплям в водный раствор $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ при магнитном перемешивании для достижения $n(\text{OH}^-):n(\text{Zn}^{2+}) = 2:1; 8:1; 12:1$. Полученный белый порошок обозначен как ZnO 2:1; ZnO 8:1; ZnO 12:1. Фотокаталитическая активность подготовленных НС оценивалась путем наблюдения за деградацией водного раствора красителя МС при облучении УФ-А лампой.

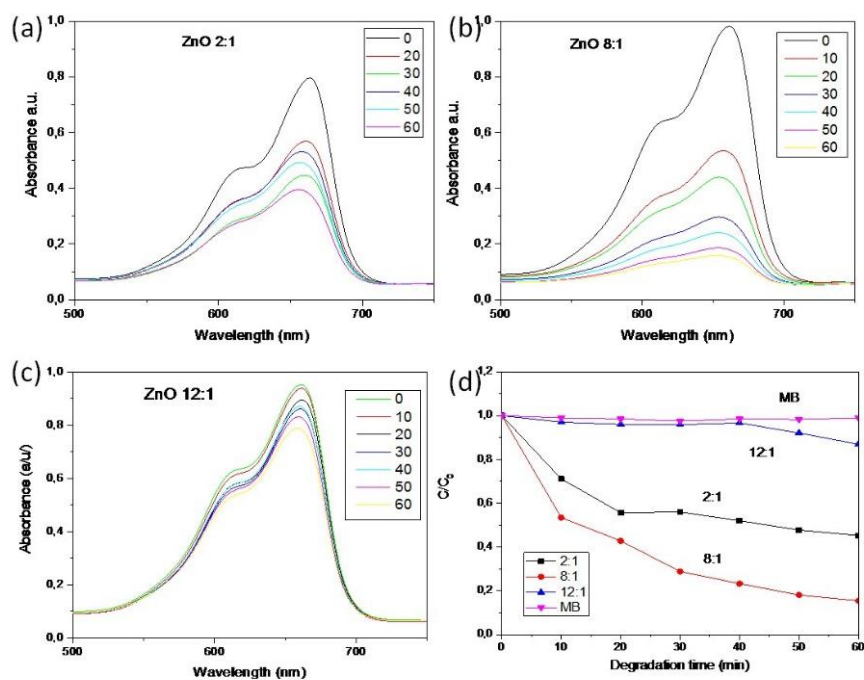


Рис. 1. Фотокаталитическая активность НС ZnO различной морфологии. Графики фотодegradации МС для образцов 2:1 (а); 8:1 (б); 12:1 (с) и (d) график C/C_0 НС ZnO с различной морфологией

По полученным экспериментальным результатам выявлено, что при гидротермальном синтезе НС ZnO соотношение концентрации прекурсора Zn и щелочного соединения KOH оказывает значительное влияние на морфологию НС ZnO. Установлено, что в образцах,

синтезированных в различных соотношениях КОН:Zn получены морфологии в виде нанолепестка 2:1, нанозвезды 8:1 и нанорода 12:1. На рис. 1 представлены спектры поглощения МС после фотодеградации. Из рис. 1(а) видно, что пик при 653 нм, характерный для МС, уменьшается с увеличением времени УФ-облучения. Скорость снижения пика различна в остальных образцах (1(б) и (с)). Наблюдаемая скорость снижения пика обусловлена уменьшением концентрации МС под влиянием реакции фотодеградации. Сравнительное исследование снижения концентрации МС для всех образцов определяли по графику зависимости C/C_0 от времени, представленному на рис. 1(д). Показано, что образец синтезированные с концентрацией 8:1, обладают наилучшей фотокаталитической активностью по сравнению с остальными образцами. В то же время в образце без добавления фотокатализатора не наблюдалась фотокаталитическая деградация (только сам краситель МС), что свидетельствует о том, что фотодеградацию МС вызвана оксидом цинка (ZnO).

НС ZnO различной морфологии были успешно синтезированы низкотемпературным гидротермальным методом. Выявлено, что, изменяя соотношение прекурсоров Zn и КОН можно легко управлять морфологией, полученных НС ZnO. По полученным результатам установлено, что морфология НС ZnO влияет на их фотокаталитические свойства, а образец нанозвездобразного ZnO, полученный при соотношении 8:1 показал наилучшую фотокаталитическую активность, чем остальные образцы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Республика Узбекистан. Законы. О ратификации Парижского соглашения: Закон Республики Узбекистан № ЗРУ-491: [Принят Законодательной палатой 25 сентября 2018 года: Одобрен Сенатом 27 сентября 2018 года]. - Национальная база данных законодательства № 03/18/491/1980 от 03.10.2018 г. – Текст : непосредственный.

2. Республика Узбекистан. Законы. Об утверждении Стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 годов №ПП-4477: [Приложение №1 к Постановлению Президента РУз от 04.10.2019 г. №ПП 4477]. - Национальная база данных законодательства, № 07/19/4477/3867 от 05.10.2019 г. – Текст : непосредственный.

3. Республика Узбекистан. Законы. О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан №ПП-5063: [Приложение 1-4 к Постановлению Президента Республики Узбекистан от 09.04.2021 г. N ПП-5063]. - Национальная база данных законодательства № 07/21/5063/0312 от 09.04.2021 г. – Текст : непосредственный.

4. Fujishima A. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode / K. Honda. - Direct text // Nature. – 1972. – Vol. 238, Is. 5358. - P. 37-38.

5. Visible-light photocatalysis in nitrogen-doped titanium oxides / R. Asahi, T. Morikawa, T. Ohwaki [et al.]. - Direct text // Science. – 2001. – Vol. 293, Is. 5528. – P. 269–271.

УДК 504.058

ВЛИЯНИЕ СВИНЦА, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОПЛИВА, НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Зиганшина Д. Е., бакалавр, ziganshina.daianna@yandex.ru

Аверьянова Ю. А., канд. техн. наук, доцент, bgdkgeu@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В статье представлена история появления свинца и других химических веществ в топливе с целью повышения его октанового числа. Описывается воздействие свинца на окружающую среду и организм человека, на его повседневную жизнь. Для примера приведены работы исследователей прошлого века, их анализ. Рассматривается зависимость двигателей внутреннего сгорания (ДВС) от топлива. Показаны меры по предотвращению данной проблемы.

Ключевые слова: автомобиль, окружающая среда, организм человека, свинец, бензин.

На сегодняшний день наиболее используемым транспортным средством является автомобиль, работающий за счёт топлива. Современный автомобильный бензин и дизельное топливо должны обеспечивать надёжную работу двигателя, удовлетворять требованиям эксплуатации и ни в коем случае не оказывать негативного влияния как на производителя, так и на потребителя.

Около века назад – когда промышленность начинала процветать, когда открывались всё новые явления и законы, а учёные и инженеры пытались внести их полезность в практическую составляющую – изготовили и пустили в продажу первый автомобиль, двигатель которого работал на спирте, который вскоре был заменён на бензин [1]. Но он был некачественный: долгое время производители не могли сопоставить идеальную концентрацию бензина с технической выдержкой двигателя, вследствие чего те быстро приходили в непригодность, и потребители вынуждены были приобретать новый ДВС, который в скором времени снова выходил из строя.

В связи с применением некачественного вида топлива в ДВС образуются паровые пробки, увеличивается расход горючего, повышается вероятность появления нагара и смолы на деталях двигателя [2].

Было проведено немало опытов совершенствования бензина, по итогу которых удалось повысить октановое число в бензиновых смесях с помощью тетраэтилсвинца и антидетонаторов на основе соединений свинца, марганца и железа, которые, как оказалось позже, крайне опасны для окружающей среды и здоровья человека.

Клэр Паттерсон – учёный, решивший провести исследование по определению возраста Земли, – во время опыта с метеоритом вывел, что в окружающих нас предметах, зданиях, воздухе – во всём – содержится огромное количество свинца, появившегося в атмосфере после патента на его эксплуатацию в производстве бензина [3].

Как выяснилось, свинец, совместно с марганцем и железом, негативно влияет на кровеносную, нервную и мочеполовую системы, снижает умственную способность человека, повреждает ДНК, уничтожая нейроны [3]. Симптомы отрицательного влияния химического вещества были особенно выражены у рабочих заводов по производству топлива. Из-за быстрого испарения свинца они были подвержены отравлению, психически неуравновешенному состоянию, а бывало, положение доходило до летального исхода.

В конце 20 века было проведено ещё одно исследование, которое подтвердило факт отрицательного воздействия свинца на живой организм. Этим исследователем оказался экономист Рик Невин, который привёл статистические показатели. Он занялся расчётом выгоды от удаления свинца из атмосферы. Как известно, свинец откладывается в костях и других органах и тканях, и по итогу анализа он заметил, что дети у граждан, отравившихся свинцом, выросли весьма импульсивными и склонными к агрессии, а также имели низкий IQ [4].

В 1974 году бензин со свинцом запретили, а с 1990-х и по сей день преступность в Америке начала падать. Также было выявлено, что свинец влияет на способность к обучению, отчего оценки у школьников и студентов падали прямо пропорционально распространению свинца в атмосфере [4].

А что происходит с окружающей средой? Двигатели автомобиля выбрасывают в атмосферу огромное количество химикатов: оксид углерода, углеводород, сажу, соединения свинца и др. Токсичные вещества негативно влияют на растительный мир, поражая хлорофилл и структуру клеток, попадает прямиком в корень [2]. В результате чего отмечается замедление роста растений.

Технические показатели автомобиля напрямую связаны с качеством топлива. А применение бензина, не соответствующего качеству, по итогу повышает выбросы токсичных химикатов, негативно влияющих на окружающий мир. В связи с ужесточением экологических требований использование свинца и других негативных химикатов, представляющих опасность для здоровья человека, во многих странах прекратило своё существование.

На сегодняшний день появилась прекрасная альтернатива автомобилям, работающим на бензине, - электромобили. Но и они воздействуют отрицательно на окружающую среду не утилизируемыми аккумуляторами и электричеством, производимым в качестве топлива. С их использованием и с использованием современного способа отчистки в ДВС мы также вредим нашей окружающей среде. Разумеется, сейчас с внедрением правил по защите экологии человечество уже не так часто сталкивается с последствиями использования свинца и многих других новшеств прошлого века, но именно из-за них мы сейчас стараемся защитить свою планету и самих себя от наших же поступков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эволюция автомобильного топлива : сайт. — URL : <https://voteto.ru/evolyutsiya-avtomobilnogo-topliva.html> (дата обращения 10.11.2022). — Текст : электронный.

2. Виноградов О. В. Влияние показателей качества автомобильного бензина и дизельного топлива на состояние окружающей среды / О. В. Виноградов., А. С. Карелина. — Текст: непосредственный // Молодой учёный. — 2016. - №8 (112). - С. 194-198.

3. Reily. L. The Most Important Scientist You've Never Heard Of / L. Reily. — URL : <https://www.mentalfloss.com/article/94569/clair-patterson-scientist-who-determined-age-earth-and-then-saved-it> (date of the application 05.11.2022). - Text : electronic.

4. Лисицин Д. Борьба со свинцом / Д. Лисицин. — URL : <https://www.ippnou.ru/print/006267/> (дата обращения 05.11.2022). — Текст: электронный.

УДК 628

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА АКВАТОРИИ ОТ РАДИОНУКЛИДОВ

Иванов Б. Г., канд. техн. наук, доцент

Тельнов А. А., оператор научной роты, 19982001@mail.ru

Чакляров И. О., оператор научной роты

Шока Н. А., оператор научной роты

г. Санкт-Петербург, Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия»

Аннотация. В статье рассматривается способ очистки акватории от радионуклидов путем использования водорослей, накапливающих радиоизотопы за счет протекания раз-

личных физических и физико – химических процессов: диффузия, сорбция и ионный обмен. Для выполнения данной функции водоросли необходимо поместить в специальный каркас, для этого предлагается конструкция из биоконтейнера из двойной сетки и волностойкой платформы.

Ключевые слова: акватория, очистка, радионуклиды, водоросли.

Аварийные ситуации, связанные с попаданием РВ в акваторию при авариях, вызывающих нарушение целостности ядерного реактора.

Подверженность радиоактивному облучению людей в результате загрязнения акваторий зависит, прежде всего, от уровня загрязнения потребляемых в пищу морепродуктов, в основном рыбы. Так же, при возникновении ядерных аварий могут заражаться питьевые водоемы в результате атмосферных выпадений РВ, что приводит также к внутреннему переобучению людей.

Особую опасность, связанную с формированием в море локальных участков со значительно повышенным уровнем объемной активности, представляют собой места захоронения радиоактивных отходов, а также затонувшие в результате аварий ПЛА, подъем которых на сегодняшний день невозможен.

Накопление водорослями радиоизотопов происходит за счет протекания различных физических и физико – химических процессов, важнейшими из которых являются: диффузия, сорбция и ионный обмен. В различных научных работах отечественных и зарубежных авторов и коллективов [1-3] рассматриваются модели накопления радионуклидов водорослями только по одному из вышеперечисленных процессов, то есть либо диффузионно-сорбционная модель, либо ионообменная модель.

Чтобы водоросли могли выполнять свои функции по сорбции радионуклидов в заданной точке, их необходимо поместить в специальный каркас из прочного материала обтянутый по всей площади двойной сеткой с откидной боковой стенкой, в который помещают рассаду водорослей. Это устройство будем называть биоконтейнер. Двойная сетка обеспечивает защиту водорослей от употребления их в пищу рыбами и морскими животными и не дает распространяться накопившим радиоактивные вещества водорослям за пределы биоконтейнера. Дно биоконтейнера выполняют в виде решетки, что позволяет размещать в нем значительное количество рабочей биомассы. При использовании бентоносных водорослей рассаду загружают в биоконтейнер в льняной мешковине, служащей для них субстратом. На дно контейнера помещается посадочный материал водорослей между двумя слоями мешковины по форме площади дна контейнера, прошитой строчками в виде ячеек площадью 2 - 4 см². Мешковина крепится по периметру дна контейнера любым ниточным материалом, прочно удерживающим ее в растянутом состоянии. Рассаду планктонных водорослей

помещают непосредственно в биоконтейнер, так как для их роста не требуется твердой основы.

Сам биоконтейнер не должен испытывать большой качки на волнении, иначе водоросли будут разрушаться и их части, аккумулировавшие радионуклиды, будут вымываться из биоконтейнера в водоем, вызывая его вторичное загрязнение.

При конструировании устройства биологической очистки акватории от радионуклидов необходимо задаться экономическими показателями применения конструкции. Известно, что с увеличением массогабаритных характеристик биоконтейнера уменьшается стоимость размещения единицы объема рабочей биомассы. Однако вместе с тем возрастают технические сложности реализации и стоимость эксплуатации и хранения устройства в целом. Исходя из этого, наиболее целесообразно использовать биоконтейнер с объемом рабочей биомассы 10 м^3 .

В качестве материала для изготовления биоконтейнера наиболее целесообразно использовать полимерный материал – поливинилхлорид (ПВХ). Стоимость биоконтейнера, изготовленного из ПВХ, приблизительно в 5 раз ниже, чем биоконтейнера изготовленного из недорогой марки стали Ст3. Кроме того, ПВХ, в отличие от стали, неподвержен коррозии, а его прочностные характеристики позволяют сделать вывод о возможности его применения в качестве конструкционного материала для изготовления биоконтейнера.

Биоконтейнер с волнстойкой платформой рекомендуется применять в случае необходимости биоочистки в районах, подверженных морскому волнению, а также при проведении биологической очистки загрязнения от подводного источника поступления радиоактивных веществ в ОПС в местах с интенсивным течением для уменьшения сопротивления биоконтейнера движению водных масс. А совместно с понтоном в районах, защищенных от волн (например, в закрытой гавани, у пирса, где произошел несанкционированный выброс радиоактивных материалов, в том числе и жидких радиоактивных отходов, или в пресноводных водоемах).

После отработки водорослями одного периода работы, биоконтейнер извлекают из воды и содержащиеся в нем водоросли отправляют на утилизацию. Утилизация проводится методом предварительной сушки отработавших водорослей и последующего их сжигания в специальных печах.

Модель данного биоконтейнера представлена на Рис. 1,2.



Рис. 1. Волнстойкая платформа с биоконтейнером в рабочем состоянии



Рис. 2. Элементы модели волнстойкой платформы для биологической очистки вод от радионуклидов (биоконтейнер (а) и волнстойкая платформа (б))

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пантелеева А. П. Радиоактивные изотопы во внешней и внутренней среде и организме / А. П. Пантелеева. – Москва : Атомиздат, 1970. – 264 с. – Текст : непосредственный.
2. Голлербах М. М. Жизнь растений / М. М. Голлербах. – Москва : Просвещение, 1977. – 488 с. – Текст : непосредственный.
3. Кузнецов Ю. В. Основы очистки воды от радиоактивных загрязнений / Ю. В. Кузнецов, В. Н. Щebetковский, А. Г. Трусков. – Москва : Атомиздат, 1964. – 360 с. – Текст : непосредственный.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВСПЛЫВАЮЩЕЙ СПАСАТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПАСЕНИЯ ЛИЧНОГО СОСТАВА ИЗ ЗАТОНУВШЕЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ

Иванов Б. Г., канд. техн. наук, доцент

Тельнов А. А., оператор научной роты, 19982001@mail.ru

Чакляров И. О., оператор научной роты

Шока Н. А., оператор научной роты

г. Санкт-Петербург, Военный учебно-научный центр Военно-Морского
Флота «Военно-морская академия»

Аннотация. В статье рассматривается эффективность спасения личного состава подводной лодки «сухим» и «мокрым» способами, конструкции существующих всплывающих спасательных камер. Предлагается совершенствование конструкции всплывающей спасательной камеры для повышения безопасности при эвакуации экипажа после всплытия всплывающей спасательной камеры на поверхность моря, а также повышения заметности всплывающей спасательной камеры

Ключевые слова: конструкция, спасательная камера, спасение,

Самостоятельное спасение подводников из аварийной подводной лодки так называемым «сухим» способом, исключает сопряжение человека с повышенным забортным давлением (в случае герметичности прочного корпуса подводной лодки (ПЛ)). Таким образом уменьшается шанс переохлаждения как, например, при свободном всплытии или всплытии с применением буй-выюшки. Также исключается возможность запутывания подводника ходовыми тросами, направляющими, шлангами и так далее.

Анализ эффективности различных способов спасения личного состава затонувшей ПЛ позволяет сделать следующие выводы: [1]

- наиболее эффективным является способ спасения личного состава при помощи всплывающей спасательной камеры (ВСК) однократного действия;

- при невозможности размещения на ПЛ ВСК однократного действия предпочтение следует отдавать способу спасения в снаряжение спасательном подводника;

- с увеличением глубины погружения затонувшей ПЛ эффективность всех способов (особенно "мокрого" способа и в спасательном колоколе) довольно существенно снижается за исключением способа спасения в ВСК однократного действия;

- эффективность "мокрого" способа спасения, а также способов спасения силами и средствами поисково - спасательной службы флота и с по-

мощью спасательных камер многократного действия существенно зависит от вместимости средств спасения и от наличия на затонувшей ПЛ надежных средств её обнаружения.

Необходимо также отметить, что спасение личного состава "мокрым" способом и силами и средствами ПСС флота, а также с помощью камер многократного действия в лучшем случае обеспечивается только при покладке лодки на грунт на глубинах, не превышающих предельную глубину погружения лодки, или на глубину, на которую рассчитаны межотсечные переборки прочного корпуса в случае нарушения его герметичности. Использование же ВСК однократного действия, отделяющихся от ПЛ, получившей гибельные повреждения, до достижения его предельной глубины погружения, значительно повышает вероятность спасения личного состава аварийной ПЛ.

На основе анализа состава, конструкции всплывающих спасательных камер, установленных на подводных лодках Российской Федерации и на подводных лодках ВМС иностранных государств, предлагается проект усовершенствованной всплывающей спасательной камеры большой атомной подводной лодки, удовлетворяющего заданным тактико-техническим характеристикам и отвечающего современному уровню кораблей.

Имеющиеся всплывающие спасательные камеры, представляющие собой прочный корпус с верхним и нижним люками, оборудованный средствами жизнеобеспечения. В случае необходимости использования, экипаж размещается в спасательной камере и покидает аварийное подводное техническое средство. [2]

Недостаток ВСК, установленных на современных ПЛ, выражается в том, что обнаружение всплывшей всплывающей спасательной камеры летательными аппаратами, достаточно затруднено, ввиду сравнительно блоков плавучести, а также расположение источников сжатого газа внутри корпуса всплывающей спасательной камеры. Данное техническое решение принято за прототип.

Целью усовершенствования является - повышение безопасности при эвакуации экипажа после всплытия всплывающей спасательной камеры на поверхность моря, а также повышения заметности камеры всплывающей спасательной.

Указанная цель достигается тем, что размещаемые блоки плавучести выполнены в виде удлинённых эластичных емкостей, а источники сжатого газа расположены с внешней стороны корпуса камеры спасательной всплывающей. [3]

На Рис. 1, 2 показана камера всплывающая спасательная. На Рис. 1 - вид сверху, на Рис. 2 - вид сбоку.

Камера всплывающая спасательная включает прочный корпус 1 с люком 2. Блок плавучести выполнен в виде закрепленной к верхней части прочного корпуса 1 удлинённых эластичных ёмкостей 3 с источником

сжатого газа 4. Внутри прочного корпуса 1 установлена гребенка управления подачи газа 5. [3]

Устройство работает следующим образом. После всплытия камеры всплывающей спасательной на поверхность моря экипаж с использованием источника сжатого газа осуществляет наддув удлиненных эластичных емкостей, управляя подачей газа в эластичные баллоны через гребенку. Блок плавучести, выполненный в виде удлиненных эластичных емкостей, окрашенных в ярко оранжевый цвет и покрытых флуорисцентным покрытием после наддува не только увеличивает запас плавучести всплытия камеры всплывающей спасательной, но и увеличивает её заметность, а источники сжатого газа, расположенные с внешней стороны корпуса камеры спасательной всплывающей повышают безопасность при эвакуации экипажа.

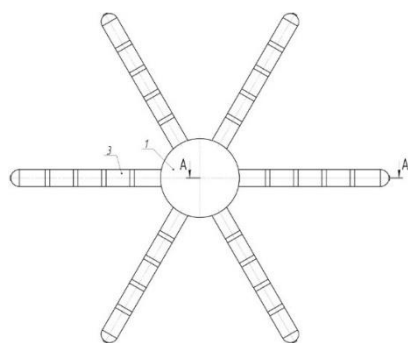


Рис. 1. Камера всплывающая спасательная. Вид сверху

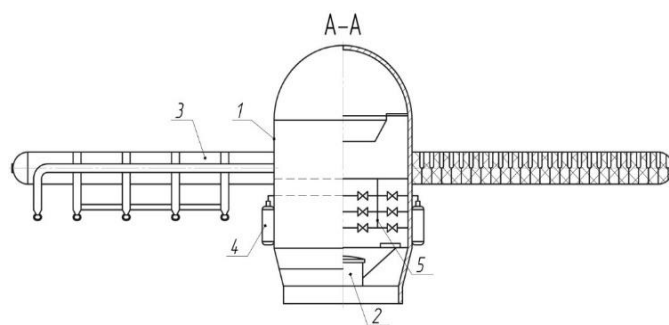


Рис.2. Камера всплывающая спасательная. Вид сбоку

Таким образом усовершенствованная ВСК, устанавливаемая на отечественные ПЛ существенно повышает эффективность спасения л/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакс А. И. Подводные лодки. Прошлое, настоящее, будущее / А. И. Вакс. – Санкт-Петербург : ЦНИИ им. кад. А.Н. Крылова, Судостроение, 2001. – 124 с. – Текст : непосредственный.

2. Романов Д. А. Трагедия подводной лодки «Комсомолец» / Д. А. Романов. – Москва : Издательство Русского Христианского Гуманитарного Института, 1995. – 143 с. – Текст : непосредственный.

3. Пат. на полезную модель 212258. Российская федерация. Камера всплывающая спасательная подводного технического средства: №2022112606: заявл. 05.05.2022, опубл. 13.07.2022 / Иванов Б. Г., Поминов С. Г., Поляков С. А., Тельнов А. А.: патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-Морского флота «Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова». – Текст : непосредственный.

УДК 331.45

УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Игошина Д. А., бакалавр, dasha293@mail.ru

Пигилова Р. Н., преподаватель, rozapigilova@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Промышленная безопасность является главным фактором на любом производстве. Она направлена на уменьшение и устранение производственных аварий, рисков и несчастных случаев. Но с развитием производства обеспечить промышленную безопасность становится всё труднее. Статья посвящена анализу понятий «промышленная безопасность» и «управление промышленной безопасностью», а также характеристике безопасности в промышленной среде.

Ключевые слова: промышленная безопасность, производственные аварии, управление промышленной безопасностью, цифровизация.

Безопасность считается главным приоритетом в любой отрасли. В этих отраслях люди страдают от травм, болезней и смертей на производстве из-за опасных условий труда. Необходимо интегрировать безопасность в каждый рабочий процесс в любой промышленной среде. Создать и внедрить эффективную систему управления безопасностью для предотвращения рисков необратимых аварий.

Промышленная безопасность – это организационная деятельность, связанная со снижением, надзором и предотвращением опасностей, исходящих от отраслей или промышленных объектов [1].

Важность промышленной безопасности заключается в том, что она играет жизненно значимую роль, защищая сотрудников и активы, сводя к минимуму опасности, риски, несчастные случаи и промахи.

С совершенствованием производства становится труднее обеспечить промышленную безопасность на предприятии. Данное явление связано с развитием и концентрацией производства, введением новейших методов и материалов, преобразованием управления технологическими и трудовыми процессами, повышенной информационной загруженностью. Ситуация осложняется ростом аварий и инцидентов на предприятиях, эксплуатирующих небезопасные производственные объекты.

Управление промышленной безопасностью - это раздел управления, который включает в себя функцию установления целей и процесс планирования, организации, контроля для уменьшения или устранения производственных аварий, а также поощрения работников к безопасному труду [2].

Поскольку промышленность является важной отраслью и рычагом экономического развития любой страны, промышленная безопасность, наряду с экологической, является важной проблемой для всех стран. Каждое предприятие несет за собой потенциальный риск несчастных случаев на производстве. Все это приводит к негативным последствиям для здоровья и жизни сотрудников, большое влияние имеет и на состояния окружающей среды.

Существуют этапы и процедуры управления промышленной безопасностью. К ним относятся: сбор и анализ информации, оценка риска и надзор.

Ключевыми процессами управления безопасностью являются идентификация опасностей, отчетность об инцидентах, управление рисками, оценка эффективности и обеспечение качества [3]. Внедренная система управления безопасностью может научить рабочих безопасно и точно выполнять свою работу и повысить их бдительность при распознавании потенциальных опасностей на месте. Система управления безопасностью так же поможет обеспечить соблюдение протоколов, требуемых администрацией и законом.

В век цифровизации можно решить сложные задачи, промышленной безопасности. Цифровые технологии значительно снижают затраты ресурсов, задействованных в выполнении производственных процессов, уменьшают количество ошибок в рутинных процессах, помогают персоналу решать сложные задачи в сжатые сроки, повысить уровень своей безопасности.

Сейчас активно внедряется цифровая площадка с компонентами дистанционного управления промышленной безопасностью на ОПО. Площадка создает непрерывный прием и обработку данных о технических процессах и сведениях, обеспечивающих безопасность объекта - это очень удобно так как все это помогает исключить риски и принять решения. Основной целью данной площадки является снижение управленческой нагрузки компаний и снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций.

У цифровизации есть и свои недостатки. К ключевым проблемам цифровизации систем управления промышленной безопасностью относятся высокая стоимость цифровых решений, необходимость обучения персонала, техническое оснащение, которое необходимо интегрировать в существующие среды, обеспечение информационной безопасности.

Но в настоящее время цифровизация является главным инструментом повышения эффективности работы предприятий. Внедрение различных новейших технологий затронули и промышленную безопасность. А безопасность является главной составляющей любого предприятия.

Таким образом, можем подвести итог: промышленная безопасность технологических процессов – задача первичной важности для всего предприятия, требующее усиленной подготовки, тщательное продумывание каждого из этапов разработанной общей и индивидуальной методологий, и даже небольшое отклонение от изначально разработанной системы, не говоря уже о более серьезной халатности на объекте, способно привести к весьма печальным последствиям. Из плюсов можно выделить то, что технический прогресс дает возможность разрабатывать все новые и новые методы промышленной безопасности. С другой стороны, идеала добиться практически невозможно, и все равно довольно большой процент предприятий не соблюдают все предписанные указания, в большинстве случаев легкомысленно относясь к подобным системам, так как, очевидно, в процесс вступает человеческий фактор, предугадать и направить, который подобно вышесказанным методикам, определенно говоря, невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилина Н. Е. Компетентность и осведомленность персонала в области промышленной безопасности / Н. Е. Данилина, А. Л. Панишев. – Текст: непосредственный // Символ науки. – 2016 - № 7-2(19). – С. 48-53.
2. Ермолаев Д. В. Промышленная безопасность / Д. В. Ермолаев. – Текст: непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. – 2011 - № 2-2. – С. 108-111.
3. Скрыпников В. А. Понятие, сущность и основы государственного управления в области обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах / В. А. Скрыпников. – Текст: непосредственный // Наука, техника и образование. – 2018 - № 9(50). – С. 53-60.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ЗОНИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Камалиева З. З., бакалавр, zaliakamalieva83@gmail.com

Пигилова Р. Н., преподаватель, rozapigilova@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: в статье представлена краткая характеристика о воздействии подземной добычи угля на ресурсы подземных вод. Рассматриваются методы для устойчивого использования ресурсов подземных вод и рационального планирования ресурсов подземных вод и ресурсов угля. На основе изучения данных научной литературы предпринята попытка формирования ключевых тезисов, связанных с прогнозированием воздействия подземной добычи угля на ресурсы подземных вод.

Ключевые слова: воздействие, прогнозирование, ресурсы, добыча угля, подземные воды.

Защита водных ресурсов вблизи угольных шахт в засушливых районах имеет большое значение для региональной геологической и экологической защиты окружающей среды и планирования районов добычи. Определение того, как обоснованно спрогнозировать воздействие добычи полезных ископаемых на ресурсы подземных вод до начала эксплуатации, является сложной задачей. Принимая в качестве примера угольную шахту в Нинся, Китай, сначала была создана модель с переменным весом (VWM) для оценки потенциального выхода грунтовых вод (PGY) целевого водоносного горизонта с учетом данных геологической разведки перед разработкой. Затем традиционное эмпирическое уравнение было улучшено в соответствии с данными для близлежащего района добычи, чтобы предсказать высоту зоны водопроводящей трещины (WCFZ). Затем был предложен стандарт зонирования воздействия добычи полезных ископаемых на ресурсы подземных вод, включающий пять регионов: низкий, низко-средний, средний, средне-высокий и высокий. Наконец, данные гидрогеологических испытаний и система скважинных видеокамер (BVCS) были использованы для проверки прогнозов высоты PGY и WCFZ соответственно, и в соответствии с результатами зонирования были предложены меры по охране водных ресурсов.

Уголь является основным источником энергии в Китае. С истощением запасов угля в восточном Китае фокус добычи угля переместился в засушливые и полувасушливые регионы на северо-западе Китая, где были созданы пять крупных угольных баз, включая базу Ниндун в провинции Нинся. На эти угольные базы приходится две трети запасов угля в стране, но только 3,9% водных ресурсов страны, которых не хватает. Подземные воды играют важную роль в засушливых и полувасушливых регио-

нах и могут быть единственным источником воды на региональном уровне. Однако подземная эксплуатация ресурсов угля изменяет слои и может привести к потере ресурсов подземных вод. [1] Поэтому необходимо спрогнозировать влияние добычи угля на ресурсы подземных вод до начала эксплуатации угольных ресурсов в этих районах, чтобы обеспечить основу для устойчивого развития подземных вод и природных ресурсов угля на северо-западе Китая.

Основным воздействием подземной добычи угля на водные ресурсы является повреждение вскрышных пород, что может привести к большой потере грунтовых вод во время добычи, что приведет к снижению уровня грунтовых вод или даже высыханию водоносного горизонта. Кроме того, грунтовые воды могут быть загрязнены органическими веществами, происходящими из минералов. Влияние подземной эксплуатации минеральных ресурсов на качество подземных вод было тщательно изучено. [2] Также было исследовано влияние подземной добычи угля на количество водных ресурсов. Чтобы предотвратить потерю грунтовых вод во время добычи, во-первых, предложили новый метод добычи угля для уменьшения воздействия на близлежащий водоносный горизонт. Во-вторых, установили методы зонирования и управления фреатическими водами, пострадавшими от подземной добычи угля, и проанализировали влияние мелкой добычи угля на водоносные горизонты. [3] В-третьих, оценили устойчивость водных ресурсов и водных экосистем в горнодобывающих регионах, и изучали влияние добычи угля на ресурсы мелко-водя в полусухих регионах. В-четвертых, сформулировали контрмеры для защиты подземных вод и поверхностной экологии в районах добычи полезных ископаемых, и изучали взаимосвязь между добычей угля и уровнем фреатической воды.

Вышеуказанные исследования имеют большое значение для защиты ресурсов подземных вод и безопасной эксплуатации угля. Однако остаются следующие недостатки: во-первых, большинство этих исследований были сосредоточены на неглубоких четвертичных и меловых незамкнутых системах подземных вод. Но также было продемонстрировано, что вода, происходящая из замкнутых водоносных горизонтов более глубокой юрской формации, является основным источником воды в этой области и потенциальным источником аварий с попаданием шахтной воды. Во-вторых, в исследованиях влияния добычи угля на количество ресурсов подземных вод рассматривались трещины во вскрышных породах, связанные с добычей полезных ископаемых, но игнорировалось влияние на потенциальный выход грунтовых вод (PGY) из водоносных горизонтов. В-третьих, веса факторов в модели с постоянным весом PGY являются постоянными, отражая только относительную важность различных факторов, игнорируя изменения в каждом факторе и различных комбинациях, но модель с переменным весом (VWM) может преодолеть этот недостаток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Understanding the groundwater-level fluctuations for better management of groundwater resource: A case in the Johannesburg region / T. Abiye, K. Masindia, H. Mengistub, M. Demliec. – Direct text // Groundwater for Sustainable Development. - 2018 - Vol. 7 - P. 1-7.
2. Water and society: mutual challenges for eco-efficient and socially acceptable mining in Finland / H. Wessman, O. Salmi, J. Kohl [et al.]. – Direct text // Journal of Cleaner Production. - 2014 - Vol. 84. - P.289-298.
3. Sosa M. The institutional regulation of the sustainability of water resources within mining contexts: accountability and plurality / M. Sosa, M. Zwarteveen. – Direct text // Current Opinion in Environmental Sustainability. – 2014. - Vol. 11. - P. 19-25.

УДК 629.039.58

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ АВАРИЙ НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Колосова Н. В., канд. экон. наук, доцент, kolosnv@yandex.ru

Гасанов З. С., канд. техн. наук, доцент

Волков И. С., магистрант

г. Воронеж, Воронежский государственный технический университет

Аннотация. Анализ возможных аварийных ситуаций на газопроводах позволяет на стадиях рабочего проектирования выявлять опасные зоны поражений при различных сценариях развития повреждений. Для достижения цели необходимо выявлять возможные зоны действия поражающих факторов при потере работоспособности газопроводов и взрывах топливно-воздушных смесей (ТВС). Источниками возникновения чрезвычайных ситуаций являются ударная волна, пожары открытым пламенем и тепловым излучением. Установлено, что в вероятных зонах поражения при различных сценариях развития аварийных ситуаций, удастся снизить нанесенные потери за счет учета всех вероятных изменений работоспособности газопровода.

Ключевые слова: газопровод, авария, горение, поражающие факторы.

Для снижения рисков возникновения аварийных ситуаций необходимо своевременно проводить эксплуатационное обслуживание и капитальные ремонты систем газоснабжения. Во избежание возникновения опасности необходимо предположить каким будет дальнейшее развитие сценария аварии. На начальном этапе следует учесть основные причины возникновения аварий:

Разрушение трубопроводов и утрата работоспособности систем противоаварийной защиты объекта, которые происходят вследствие ухудше-

ния надежности трубопроводов и линейной арматуры (дефекты труб и сварочно-монтажных работ, различные трубные деформации); причин, связанных с газодинамическими процессами; прекращения снабжения электроэнергией.

Ошибочные действия персонала, самовольность рабочих при проведении постоянных или временных работ на объекте.

Существующие природные процессы.

Характер и степень потери работоспособности определяется значениями избыточных давлений в результате действия ударной волны.

Для наземного взрыва масса тротиловой единицы определяется:

$$M_*^e = (1.2 \div 1.5) \times \frac{M_r A_s}{Q}, \quad (1)$$

где M_r - масса вещества; A_s - работа расширения единицы массы идеального газа; Q - теплота сгорания.

Для начальной стадии сценария аварии величина определяется:

$$A_s = \int_1^2 P dV = \frac{1}{k-1} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = -\frac{P_1}{\rho_1} \cdot \frac{1}{k-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{k-1}} - 1 \right], \quad (2)$$

где k - коэффициент адиабаты газа:

$$k = \frac{C_p}{C_v}. \quad (3)$$

Для выявления характера формирования ударной волны необходимо знать:

-избыточное давление в области воздействия [2]:

$$\Delta P_{\phi p} = \frac{0,084}{R} + \frac{0,27}{R^2} + \frac{0,7}{R^3}, \quad (4)$$

-импульс положительной фазы сжатия:

$$I^+ = \int_0^{\tau^+} \Delta P_{\phi p}(\tau) d\tau = 0,4 \frac{M_{THT}^{2/3}}{R}, \quad (5)$$

где $M_{THT}^{2/3}$ -масса тротилового эквивалента, кг; R -расстояние от источника, м.

Одним из поражающих факторов аварийных источников является ударная волна (ВУВ). Фронт ударной волны - это передняя граница слоя сжатого воздуха, характеризующаяся значениями давления. Величина радиуса ударной волны зависит от местности, погодных условий, ветра и мощности взрыва.

Ударная волна опасна для человека, потому что высокое давление повреждает внутренние органы человека и вызывает кровотечение. Чтобы люди были в безопасности, необходимо соблюдать определенные меры защиты, такие как строительство укрытий. У определения вреда, причиненного человеку, есть два ограничения:

-200 кПа- предел летального поражения, область безвозвратного ущерба;

-20 кПа- предел безвредной для людей области на открытой территории [3].

Основными поражающими факторами при авариях на трубопроводах при транспорте газа являются термическое и барическое воздействие. По сумме этих воздействий рассчитываются размеры зон поражения человека.

Пожаром подвержены зоны открытого огня и тепловое излучение. Выход из строя подземного трубопровода определяется самостоятельной ориентацией горящих плоских струй. Тепловое излучение - это прямое воздействие огня на предметы или предметы с высокой температурой. Зона поражения тепловым излучением равна расстоянию, на котором наблюдается тепловой поток [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колосова Н. В. Анализ опасности аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации газовых котельных / Н. В. Колосова., Л. А. Котова., А. А. Высоцкая. - Текст : непосредственный // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. - 2021. - № 3. - С. 49-56.

2. Методика определения расчётных величин пожарных рисков на производственных объектах : утв. приказ. МЧС России 10.07.09 № 404, ввод в действие с 17.08.09 №14541. - Москва, 2009. - 34 с. - Текст : непосредственный.

3. Колосов А. И. Постановка задачи моделирования восстановления систем теплогазоснабжения при авариях / А. И. Колосов, А. С. Макаров. - Текст : непосредственный // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. - 2017. - № 4. - С. 35-41.

4. Колосов А. И. Прогнозирование разрушений и восстановление систем теплогазоснабжения при авариях / А. И. Колосов. - Саарбрюккен : LAP Lambert Academic Publishing, 2012. - 200 с. - Текст : непосредственный.

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СФЕРУ ОХРАНЫ ТРУДА

Куликова З. Б., бакалавр, zlatakulikova1601@gmail.com

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Информационные технологии в современном мире являются неотъемлемой частью любой сферы производства. Наиболее актуальным является проблема влияния информационных технологий на сферу охраны труда, так как данная сфера является одной из важнейших для любого производственного предприятия. Целью исследования в данной статье является изучение методов модернизации охраны труда на современных предприятиях. Результатами работы являются примеры технологий, применяемые для улучшения качества охраны труда, оценка преимуществ и недостатков данных технологий.

Ключевые слова: информационные технологии, правила охраны труда, аварийная ситуация, метод обучения.

Охрана труда – важнейший элемент социальной политики современного государства. Соблюдение правил и предписаний охраны труда любого вида производства является необходимостью, ведь они предназначены для сохранения жизни и здоровья работника. Помимо этого, несоблюдение правил охраны труда и, в следствие чего, возникновению аварий на производстве затрудняет развитие как самого предприятия, так и экономики в целом. В целях минимизации случаев нарушений правил охраны труда, становится необходимым развитие сферы охраны труда и применение новых ресурсов. Такими ресурсами могут выступать информационные технологии. Важность информационных технологий в сфере охраны труда недооценена на сегодняшний день. В соответствии с возможностями информационных технологий возможно применение методов предотвращения нарушения правил охраны труда [2].

Охрана труда, как государственный инструмент, официально возник 70-го января 1818 года. Только спустя 40 лет после принятия закона собирается специальная комиссия, оценивающая условия труда на российских заводах. В результате проверки комиссии выяснилось, что на российских заводах высокий уровень травматизма, большинство рабочих подвергают свою жизнь опасности в процессе работы на предприятии, а промышленники не заботятся надлежащим образом о безопасности своих работников [1].

Спустя два столетия развития охраны труда удалось добиться внушительных результатов по сокращению показателей аварий на предприятиях благодаря составлению правил охраны труда для большинства современных профессий. Теперь в обязательном порядке, для допуска к рабо-

чему процессу, рабочему необходимо пройти обучение и тестирование по охране труда данного вида профессии. Однако, с развитием инфраструктуры страны также увеличился уровень последствия аварий. На современных заводах авария может приобретать более разрушительный характер, а материальные потери, потери трудоспособных кадров, экологические потери более масштабны.

По данным статистики о влиянии человеческого фактора на возникновение аварий на производстве, в 59% случаев причиной несчастных случаев является нетрезвое или болезненное состояние работника. Даже классический метод медицинского осмотра работника не гарантирует выявление работника, чье состояние является недопустимым с точки зрения охраны труда. Однако, благодаря информационным технологиям, возможна модернизация данного вида проверки путем применения «Электронной системы медицинского осмотра» (ЭСМО). По стандартам ЭСМО работнику необходимо пройти следующие процедуры для допуска к рабочему процессу: измерение температуры, тест уровня алкоголя в крови, диагностика наркотического опьянения, измерение артериального давления, состояние психологического состояния работника и его центральной нервной системы [4].

Электронная система медицинского осмотра позволяет выполнять следующие задачи:

- качественно оценивать готовность сотрудника приступать к рабочему процессу благодаря проведению медицинских измерений;
- вести записи заключений в электронном виде о допуске или не допуске работника к рабочему процессу;
- контролировать доступ в рабочую зону в зависимости от медицинского заключения;
- печатать необходимые медицинские документы после получения электронной цифровой подписи медицинского работника.

Немаловажный вклад информационные технологии внесли в процесс подготовки и обучения работников к аварийным ситуациям. Благодаря современной технике стали возможные более эффективные методы обучения персонала правилам реагирования и поведения при экстренных ситуациях.

Наиболее популярным методом подготовки сейчас является видео-инструктаж работника. Данный вид обучения позволяет получить визуальное и звуковое представление аварийной ситуации, получить четкие инструкции в понятной форме. Таким образом, работник имеет представление о признаках разного рода происшествий, более эффективно воспринимает информацию с помощью визуальной памяти.

Инновационным, но менее популярным методом можно назвать применение VR-технологий в процессе обучения персонала. Преимуществом данного метода является моделирование аварийной ситуации, что позволяет получить очень важный опыт участия в событиях при чрезвычай-

чайном происшествии. Благодаря VR-технологиям появляется возможность воссоздание условий стресса и проверка рабочих на навыки применение знаний по охране труда. Несмотря на все преимущества, на сегодняшний день, метод VR-обучения имеет массу недостатков. Уровень развития VR-технологий не позволяет достичь необходимой реалистичности при моделировании ситуации [3]. Графика VR-симуляций напоминает видеоигру с нереалистичными объектами и текстурами, что сильно влияет на эффективность данного метода. Также, недостатком является дороговизна VR-технологий, из-за чего многие организации не могут себе позволить внедрить данный метод в процесс обучения.

Таким образом, информационные технологии имеют важнейшую роль для охраны труда. Благодаря современной технике возможно повышение качества медицинской проверки работника. Также, информационные технологии позволяют эффективно проводить обучение правилам охраны труда сотрудников, что является важным фактором предотвращения аварий на предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбич В. Ф. История становления и формирования охраны труда в России / В. Ф. Горбич, Д. С. Новоселов, А. А. Шуныгина. – Текст : непосредственный // Физическая культура и спорт в современном мире. – 2015. – № 1. – С. 7-12.
2. Тимофеев С. С. Цифровое будущее охраны труда / С. С. Тимофеев, С. С. Тимофеева. – Текст : непосредственный // XXI Век. Техносферная безопасность. – 2022. – № 1 (25). – С. 51-62.
3. Краснощек С. С. Инновационные решения в области охраны труда / С. С. Краснощек. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы технического и технологического обеспечения инновационного развития. – 2019. – № 7. – С. 17-19.
4. Челочев А. В. Практические аспекты применения электронных систем медицинского осмотра на предприятиях / А. В. Челочев, Н. А. Лищевич, В. В. Пузевич. – Текст : непосредственный // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – 2022. – № 3. – С. 111-113.

Научный руководитель: Пигилова Р.Н., преподаватель

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ

Латфуллина Г. Э., бакалавр, gulnazlatf@yandex.ru

Пигилова Р. Н., преподаватель, rozapigilova@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В настоящей работе, основанной на методе анализа отечественных источников литературы, а именно электронных ресурсов, а также официальных документов, предпринимается попытка исследования современного состояния, характеристик и особенностей экологической безопасности в топливно-энергетическом комплексе России. Актуальность написания статьи обусловлена наличием в научных базах небольшого количества публикаций, соответствующих теме данной работы. В ходе исследования было выявлено, что в топливно-энергетическом комплексе России экологическая безопасность имеет важнейшее значение, ведь за её обеспечением стоит состояние окружающей среды и здоровья граждан страны. В качестве решения проблемы экологической безопасности Правительство определяет и регулирует исполнение стратегии развития экологической среды.

Ключевые слова: экологическая безопасность, топливно-энергетический комплекс, окружающая природная среда, загрязнения, экономика.

Экологическая безопасность – значимая составляющей национальной безопасности России, призванная через меры наблюдения, оценки, прогнозирования и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечивать устойчивое состояние защищенности окружающей природной среды и населения от возможного вредного антропогенного воздействия. На сегодняшний день в России действуют более 170000 опасных производственных объектов. Поэтому риск возникновения аварий определенно есть. На объектах топливно-энергетического комплекса страны экономическая безопасность проявляется в способности соблюдения качества окружающей среды, устранения или минимизации своего негативного воздействия на состояние экосистемы и поддерживается на установленном уровне на всех этапах производственного цикла [1].

Россия имеет несколько основных экологических угроз безопасности в топливно-энергетическом комплексе. К ним относятся такие проблемы, как загрязнение атмосферного воздуха, ухудшение качества воды. Также серьезной проблемой является загрязнение природной окружающей среды нефтепродуктами, поскольку добыча топливно-энергетических полезных ископаемых – несомненно занимает большую часть от всего объема отходов, причем темпы по утилизации довольно низкие [2].

Так, например, Росгидромет в обзоре состояния и загрязнения окружающей среды в РФ [3] составил списки российских городов по уровню

загрязнения атмосферного воздуха в 2021 году. 80 городов с общим числом жителей 40,2 млн. человек вошли в список городов с высоким уровнем загрязнения, а 42 города – в список с наибольшим уровнем загрязнения, общее население которых составило 10,4 млн. жителей. В большинстве городов второго списка основные источники выбросов в окружающую природную среду – это предприятия топливно-энергетического комплекса, большинство из которых относится к категории опасных производственных объектов, аварии на которых приводят к сильному загрязнению окружающей среды.

По данным Росстата и Росприроднадзора построили диаграмму [4], см. Рис. 1.



Рис. 1. Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников в 2020 году по видам экономической деятельности (тысяч тонн)

Таким образом, выбросы, связанные с деятельностью топливно-энергетического комплекса, составили 9,76 млн. тонн, то есть 57,7 % от общего объема загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу из стационарных источников.

Подводя итоги, стоит сказать, что обеспечение экологической безопасности действительно играет важнейшую роль при функционировании объектов топливно-энергетического комплекса России, так как от этого зависят человеческая жизнедеятельность и окружающая природная среда, поэтому для устранения в комплексе угроз экологической безопасности Правительство РФ и Ростехнадзор разрабатывают определенные стратегии и осуществляют контроль за их исполнением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологическая безопасность России. - Текст : электронный // Фоксфорд : официальный сайт. 2022. – URL :

<https://foxford.ru/wiki/geografiya/ekologicheskaya-bezopasnost-rossii> (дата обращения: 12.11.2022).

2. Проблемы экологической безопасности в отраслях ТЭК. - Текст : электронный // StudFiles : сайт. - 2022. – URL : <https://studfile.net/preview/8582002/page:8/> (дата обращения: 13.11.2022).

3. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации. - Текст : электронный // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) : официальный сайт. - 2022. – URL : <https://www.meteorf.gov.ru/product/infomaterials/90/?year=2021&ID=90> (дата обращения: 15.11.2022).

4. Основные показатели охраны окружающей среды. - Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики (Росстат) : официальный сайт. - 2022. – URL : <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13294> (дата обращения: 17.11.2022).

УДК 502.34

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА В УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

Медведева М. Д., бакалавр, mari.medvedeva.19@mail.ru
Загорская А. А., ст. преподаватель, zagorskajaaa@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые аспекты внедрения экологического аудита в практику применения для оценки экологической безопасности на производстве. Рассмотрены законодательные основы, а также основные принципы для проведения экологического аудита.

Ключевые слова: экологическая безопасность, экологический аудит, экологические платежи

Основной целью экологического аудита является формирование понимания важности анализа экологических аспектов на производстве, с целью предотвращения возможных экономических потерь и аварийных ситуаций. В данном случае экологический аудит рассматривается как необходимый аспект оценки деятельности предприятия на окружающую среду.

В рамках рынка и предпринимательской среды в России понятие «экологический аудит» является очень новым и как важность, так и необходимость его проведения понимают далеко не все предприниматели.

Некоторым крупным компаниям наверняка уже приходилось сталкиваться с данной процедурой. Однако, если рассматривать средний и малый бизнес, дела обстоят плохо, ведь зачастую проведение экологического аудита ставят на самый дальний план, а то и вовсе игнорируют.

При решении природоохранных проблем экологический аудит, при наличии заинтересованности хозяйствующего субъекта, выступает важным фактором повышения качества работы компании в сфере экологической безопасности. Несмотря на то, что данный подход появился относительно недавно, он уже является одним из наиболее эффективных методологий в контексте решения на предварительном этапе последствий хозяйствования.

Возникновение экологического аудита в России произошло после развала СССР в 90х годах. Многие исследователи выделяют следующие предпосылки его возникновения:

- 1). Усиление законодательства в области охраны окружающей среды, что в свою очередь привело к необходимости тратить средства на установление нового экологического оборудования;
- 2). Необходимость интеграции в международную экологическую безопасность;
- 3). Осознание необходимости и важности природных ресурсов и защиты окружающей среды в целом.

Государственная экологическая доктрина [1] предполагает проведение экологического аудита в качестве одного из основных механизмов реализации государственной политики в области экологического развития.

Актуальность данного вида предотвращения экологических проблем не вызывает сомнений. Так, например, можно выделить следующие причины, по которым это подтверждается:

- Необходимость финансирования проектов, как следствие, привлечение инвестиций в них. Для осуществления инвестирования в проект нужно получить подтверждение его безопасности для окружающей среды;
- Исполнение природоохранного законодательства. Для того, чтобы избежать лишних расходов и финансовых потерь из-за штрафов за негативное воздействие на окружающую среду, необходимо располагать актуальной информацией о состоянии природоохранной деятельности;
- Развитие и расширение проектов и продукции путем выхода на мировые рынки. А для этого, в свою очередь, необходимо пройти экологическую сертификацию, что повлечет за собой увеличение конкурентоспособности проекта.

Термин экологический аудит можно раскрыть как «комплексное исследование выполнения компанией мировых нормативов, направленных на защиту экологии, которое сопровождается документальным оформлением и рекомендательными разработками по устранению выявленных недоработок» [2].

Основные преимущества проведения процедуры экологического аудита:

1. Осуществление детальной проверки крупных производственных предприятий. Данный аспект позволит по-новому взглянуть на экологическую обстановку на предприятии в целом, а также оценить зону вокруг него;

2. Корректировка размера экологических платежей с целью устранения переплат;

3. Проведение глубокой оценки производственных, организационных и экономических процессов предприятия с целью предупреждения аварийных ситуаций и снижения или исключения финансовых потерь.

Программы производственно-экологического контроля и линейного экологического мониторинга, являющиеся важной частью экологических процедур, напрямую зависят от проведенного экологического аудита, ведь благодаря нему можно назначить мониторинговые точки, определить объёмы экологических исследований, при этом имея минимум финансовых и логистических издержек [3]. Так, после проведения процедуры экологического аудита наблюдается снижение достаточно крупных затрат на обеспечение экологической безопасности. Данные снижения варьируются от 10 до 90% по отдельным видам деятельности (рис.1).

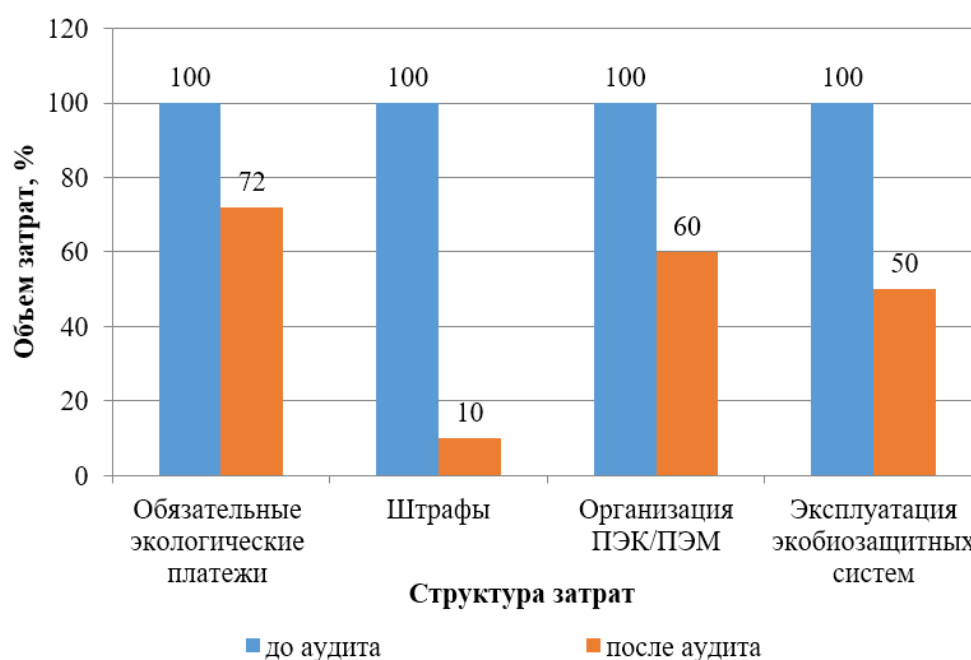


Рис. 1. Снижение экологических затрат на предприятии после проведения экологического аудита

При соблюдении основных принципов проведения экологического аудита: независимость, достоверность и полнота информации, комплексность, конфиденциальность и обоюдная ответственность можно добиться

оптимизации и повышения эффективности экологической деятельности предприятия, что самым благоприятным образом скажется на состоянии окружающей среды и здоровье населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 г.). – Текст электронный // Информационно-правовой портал Гарант.ru : сайт. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70069264/> (дата обращения 11.11.2022 г.)

2. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды: Федеральный закон № 7-ФЗ : [принят Государственной думой 20 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 сентября 2001 года]. - Москва : Проспект ; Санкт – Петербург : Кодекс, 2001. – 158 с. – Текст : непосредственный.

3. Трифонова Т. А. Экологический менеджмент : практикум. В 3 ч. Ч. 3. Экологический аудит / Т. А. Трифонова, М. Е. Ильина. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2017. – 86 с. – Текст : непосредственный.

УДК 796.01

ПРОФИЛАКТИКА ШКОЛЬНОГО ТРАВМАТИЗМА

Неупокоева Т. В., канд. сел. – хоз. наук, доцент, neupokoevatv@tyuiu.ru
Агапова М. А., магистрант, susu666@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье представлены результаты анализа несчастных случаев обучающихся общеобразовательного учреждения и рекомендации по их предупреждению.

Ключевые слова: несчастный случай, травма, школьный травматизм.

Несчастные случаи, которые происходят в стенах школы, являются частым явлением. При этом 80% школьников получают травмы на переменах [1]. Коридоры после уроков собирают большое количество детей, они бегают, пытаясь высвободить скопившуюся за урок энергию, в следствии чего происходят столкновения и падения, как результат – травмы. Также возможно травмироваться и на уроках, что обусловлено нарушением техники безопасности. Исходя из вышесказанного - школьный травматизм вызывает большую тревогу.

В Законе РФ № 3266-1 "Об образовании" говорится, что образовательное учреждение несет в установленном законодательством РФ порядке ответственность за жизнь и здоровье обучающихся и воспитанников во время образовательного процесса [1].

«Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа города Тюмени», далее «МАОУ СОШ №9», в сегодняшнем организационно – правовом виде осуществляет образовательную деятельность с 1968 года.

В МАОУ СОШ №9 педагогический состав составляет 115 человек. Общая численность обучающихся 2568 человек [2].

Важнейшим направлением в работе по профилактике школьного травматизма являются проведение инструктажей по технике безопасности с обучающимися школы и контроль за ее соблюдением во время учебного процесса и на переменах по окончании уроков.

Анализ несчастных случаев в МАОУ СОШ №9

В соответствии с Порядком расследования и учёта несчастных случаев с обучающимися во время пребывания в организации, осуществляющей образовательную деятельность утверждённым приказом Министерства образования и науки РФ от 27.06.2017 №602, расследованию и учёту подлежат несчастные случаи, повлекшие за собой временную или стойкую утрату трудоспособности, здоровья в соответствии с медицинским заключением и, как следствие, освобождение от занятий не менее чем на один день.

Для фиксации несчастных случаев в школе имеется журнал регистрации несчастных случаев с обучающимися. Журнал установленной формы пронумерован и прошит.

Проанализировав данные журнала регистрации несчастных случаев с обучающимися МАОУ СОШ №9 с 15.03.2018 по 05.04.2021 можно сделать заключение, что произошло 4 несчастных случая. Травмы получили ученики 2го, 3го, 8го и 9го классов. Местом несчастных случаев два раза послужил спортивный зал, одно происшествие произошло на корте (территория школы) и в коридоре первого этажа. В результате два человека получили травму головы, два травму руки.

Исходя из полученных данных 75% несчастных случаев произошли на спортивных территориях школы. Обстоятельствами были: падение во время приёма мяча, удар головы во время игры, катание на коньках. Всё перечисленное обусловлено в основном нарушениями правил техники безопасности и дисциплины (рисунок 1). Если рассмотреть возрастной аспект - он различен, как маленькие школьники, так и школьники старших классов получили травмы. Из медицинских заключений констатированы такие травмы как: ушиб мягкий тканей головы, ушиб левой кисти и др.

Все случаи привели к выздоровлению.

По каждому случаю проводилось расследование, составлялся акт о несчастном случае с учащимися учреждения образования. В данном акте описывалось место происшествия несчастного случая, когда произошёл, вид происшествия, подробное описание обстоятельств несчастного случая, его причины, какие проведены мероприятия по устранению причин данного случая, обозначены лица, допустившие нарушения правил охраны труда и техники безопасности, прописаны очевидцы, последствия несчастного случая и его исход. Данный акт подписан членами комиссии, которая создается для проведения служебного расследования по факту несчастного случая. В соответствии с требованиями акты о расследовании несчастных случаев с обучающимися вместе с копиями материалов расследования направляют в Департамент образования.

После бесед с учителями следует отметить, что чаще всего травмируются гиперактивные дети и дети, воспитывающиеся в условиях гипер- или гипоопеки. Кроме того, частые травмы получают дети с нарушением функции программирования и контроля собственного поведения, а также со сниженным интеллектом [1].



Рис. 1. Причины возникновения травмоопасных ситуаций и травм у детей

Далее представлены в таблице 1 результаты анализа несчастных случаев с обучающимися в МАОУ СОШ № 9

Таблица 1

Результаты анализа несчастных случаев с обучающимися за 2018-2021 годы

№	Класс	Место несчастного случая	Вид происшествия	Краткие обстоятельства и причины несчастного случая	Последствия несчастного случая	Принятые меры на устранение причин несчастного случая
1	8	Спорт. зал	Падение во время приёма мяча на руку	Во время урока упал на правую руку	Выздоровление	Внеплановый инструктаж по технике безопасности с обучающимися, замечание учителю
2	2	Спорт. зал	Травма головы	Ударился головой во время игры	Выздоровление	Внеплановый инструктаж по технике безопасности с обучающимися, замечание учителю
3	9	Корт школьный	Травма руки	Упал на руку во время катания на коньках	Выздоровление	Внеплановый инструктаж по технике безопасности с обучающимися, замечание учителю физры
4	3	Коридор, 1 этаж	Травма головы	В результате столкновения с другим учеником упал на пол и ударился головой	Выздоровление	Внеплановый инструктаж по технике безопасности с обучающимися

В результате проведенных исследований рекомендуется проводить следующие мероприятия:

- на переменах с учащимися школы необходимо организовывать подвижные игры, которые позволят учащимся подвигаться и отдохнуть в приемлемой и безопасной форме.

- оборудовать кабинеты или уголки по технике безопасности, где размещаются плакаты, схемы, инструктивные материалы по технике безопасности.

- регулярное проведение бесед, инструктажей учащихся с использованием таких наглядных пособий как кинофильмы, телевизионные передачи.

- следует быть предельно внимательными к детям и не оставлять их одних.

- во время завтрака и обеда предупреждать возможные ожоги горячей пищей, следить за правильным использованием детьми столовых приборов (вилки, ложки и др. предметы).

- организовывать и проводить классные часы, беседы, обучающие семинары.

- организовывать встречи с работниками ГИБДД, МЧС, полицией на транспорте и с медицинскими сотрудниками.

- участие в творческих конкурсах по профилактике детского травматизма с применением современных технологий.

- просмотр видеофильмов по данной тематике.

- организация и проведение родительских собраний по профилактике травматизма в быту [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Профилактика школьного травматизма : сайт. – URL : https://gymu1552.mskobr.ru/files/profilaktika-shkol_nogotravmatizma1.pdf (дата обращения : 11.10.2022). – Текст : электронный.

2. Сведения об образовательной организации. – Текст : электронный // Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 9 города Тюмени : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://school9-tmn.ru/сведенияоб-образовательной-организ/образовательные-стандарты/> (дата обращения : 11.10.2022).

УДК 66.097.38

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Нишукова М. А., бакалавр, nishuchonokmasha@mail.ru
г. Москва, Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева

Аннотация. Ванадий и его соединения являются ценным продуктом, и применяются во многих областях промышленности. Негативное влияние ванадийсодержащих от-

ходов на окружающую среду и высокий спрос на ванадий обуславливают необходимость разработки технологий извлечения ванадия из различного рода отходов промышленного производства. Для извлечения ванадия из отработанных ванадиевых катализаторов применяются гидрометаллургические методы, их эффективность составляет около 95%.

Ключевые слова: гидрометаллургия, отработанные ванадиевые катализаторы (ОВК), ванадийсодержащие шламы.

Ванадий и его соединения представляют большую ценность и пользуются большим спросом в различных отраслях промышленности. Большая часть ванадия используется в металлургии (до 95%) в качестве легирующего элемента из-за его высокого сродства к кислороду, углероду и азоту. Ванадий используют для легирования чугуна и стали, как компонент сплавов для постоянных магнитов и др. направлениях металлургии. В химической промышленности ванадий также получил широкое распространение. Так огромное количество оксида ванадия (V) применяется в качестве катализатора при производстве серной кислоты (на стадии окисления SO_2), а также в процессах органического синтеза [1].

Огромное количество ванадий содержащих отходов образуется при замене катализатора или при сжигании мазута на ТЭС, которые затем размещают в шламонакопители для длительного хранения. Из-за высокой токсичности данные отходы оказывают значительное негативное влияние на окружающую среду: загрязняют поверхностные и внутренние воды, почву, и даже атмосферный воздух [2].

Таким образом возникает необходимость в разработке технологий утилизации подобных отходов. Перерабатывая ванадийсодержащие отходы, появляется возможность не только извлечь ценный ванадий и его соединения, снижая его себестоимость, но и значительно уменьшить вред окружающей среде.

При переработке отработанных ванадиевых катализаторов (ОВК) широкое распространение получили гидрометаллургические методы. Данные методы позволяют выделять соединения ванадия из ОВК с эффективностью более 95 %. Целесообразнее всего проводить гидрометаллургическую обработку растворами восстановителей: соединения ванадия в степени окисления менее +5 обладают большей растворимостью в водных растворах, что усложняет процесс их дальнейшего выделения. Использование электрохимических процессов позволяет дополнительно повысить степень выщелачивания и сократить время процесса растворения ОВК [2].

Для извлечения ванадия из золошлаковых отходов был создан комбинированный метод извлечения соединений ванадия, включающий высокотемпературный обжиг присутствии карбоната и хлорида натрия или пер-

сульфата аммония, с последующим выщелачиванием и осаждением соединений ванадия из растворов в процессе термогидролиза.

Гидрометаллургический метод переработки ванадийсодержащих шламов включает в себя следующие этапы: выщелачивания соединений ванадия из измельченного сырья при помощи растворов соляной кислоты и пероксида водорода, фильтрацию и выделения соединений ванадия термогидролиз и осаждение, сушка оксида ванадия (V). Содержание ванадия в выделенном продукте может достигать 85 мас. % [3].

Описанные методы переработки ванадийсодержащих отходов характеризуются высокой эффективностью и позволяют извлекать большую часть соединений ванадия из различных отходов. К основным преимуществам гидрометаллургического и комбинированных методов извлечения соединений ванадия можно отнести:

1) Высокий экономический эффект за счет снижения процессов первичного обогащения руд и извлечения соединений ванадия, а также за счет снижения объемов отходов;

2) Снижение негативного воздействия на окружающую среду, вследствие уменьшения токсичных отходов в шламонакопителях.

Ключевым недостатком описанных технологий является сложность аппаратной схемы процесса и относительно не высокая чистота получаемых продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Все о металлургии : сайт. - URL: <https://metal-archive.ru/> (дата обращения: 09.10.2022). - Текст: электронный.

2. Жарский И. М. Восстановление ванадийсодержащих соединений в растворах выщелачивания отработанных ванадиевых катализаторов / И. М. Жарский, С. Е. Орехова, И. И. Курило. - Текст: непосредственный // Труды БГТУ. - 2011. - № 3. - С. 3-7.

3. Жарский И. М. Способы переработки зольных остатков ванадийсодержащих шламов ТЭС / И. М. Жарский, И. И. Курило, Е. В. Крышилович, Д. С. Харитонов. - Текст: непосредственный // Труды БГТУ. - 2014. - №3. - С. 29-32

Научный руководитель: Кузин Е. Н., канд. техн. наук, доцент

УТИЛИЗАЦИЯ И ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ С ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Петраковская Д. Н., магистрант, zligostewa.daria@gmail.com

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Отходы бурения газовых месторождений оказывают пагубное воздействие на окружающую природную среду. В настоящее время повторное использование и переработка твердых отходов бурения являются актуальной задачей. В данной статье рассмотрен метод для борьбы с загрязнением отходами бурения газовых месторождений.

Ключевые слова: утилизация, повторное использование, твердые отходы бурения, газовое месторождение.

Твердые отходы бурения большинства газовых месторождений представляют собой стабилизированное взвешенное вещество в сочетании с глиной, химическими добавками, горным шламом, утяжелителями, нефтью и т.д. Отходы оказывают воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Принимая во внимание социальные, экологические и экономические выгоды, утилизация и повторное использование твердых отходов бурения должны осуществляться в соответствии с местными условиями. С момента эксплуатации газовых месторождений сокращение, повторное использование и переработка твердых отходов бурения являются актуальной задачей.

Твердые отходы бурения образовались в период строительства газовой скважины и включают в себя отработанный буровой раствор, скальный шлам, утяжеляющие материалы. Объем отработанного бурового раствора составляет примерно от 800 до 1200 м³ на скважину, объем горного шлама – около 1000 м³ на скважину. В период бурения при необходимости могут быть использованы утяжеляющие материалы. Если вероятность аварийной ситуации составляет 1%, а выход отходов составляет 500 м³ на скважину, весовые материалы составляют 5 м³ на скважину. Буровой раствор и скальный шлам являются основными твердыми отходами бурения. Поскольку смесь отработанного бурового раствора и скального шлама была основными твердыми отходами бурения, был исследован массивный полигон твердых отходов бурения центрального месторождения [1]. А затвердевшие отходы отбирались обычным планарным методом. Затвердевшие отходы были рыхлыми и темно-серого цвета. Экспериментальное исследование показало, что плотность затвердевших отходов составляла 1,75 г/см³, влажность – 24,0%; а их компоненты, содержание тяжелых металлов, содержание радиоактивных элементов соответственно представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Компонент затвердевших твердых отходов бурения с газового месторождения

Компоненты	Cl	SO ₄	Na	Fe	Ca	Mg	Si	Al	CO ₃	нефть	другое
Содержание (%)	0,1	5,6	1,0	9,0	12,4	6,8	15,8	22,8	10,2	0,4	15,9

Как показано в таблице 1, основными компонентами затвердевшего бурового раствора и горного шлама были неорганические и органические вещества с элементами Al, Si, Ca, Fe, которые по отдельности достигали 22,8%, 15,8%, 12,4% и 9,0% от массы образца, в целом до 60%.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в затвердевших твердых отходах бурения с газового месторождения

Предметы	Cd	Hg	Pb	Cr	Zn	Ni	Cu	B
Значения (мг/кг)	0,3	0,27	43	36	234	70	40	1,2
Предел (pH≥6,5)	20	15	1000	1000	1000	200	500	150
Предел (pH<6,5)	5	5	300	600	500	100	250	150

Таблица 3

Содержание радиоактивных элементов в затвердевших твердых отходах бурения газового месторождения

Изотопы Ra-226, Th-232, K-40	Индекс внутреннего излучения I _{Ra}	Индекс внешнего облучения I _{Ra}
Значение	0,19	0,37
Предел	1,0	1,3

Газовое месторождение эксплуатировалось до полного истощения с помощью одной эксплуатационной системы. Центральное месторождение включало 16 буровых платформ, 38 газовых скважин, более 23,2×10⁴ м буровых работ, и заняло около трех лет. Поскольку центральное месторождение было сравнительно централизованным, твердые отходы бурения были пригодны для централизованной утилизации и повторного использования. Таким образом, твердые отходы бурения центрального месторождения собирались из грязевых бассейнов, затем складывались на массивной свалке и постепенно регенерировались на кирпичном заводе.

Каждая буровая платформа имела грязевой бассейн объемом около 3 ×10³ м³. Смесь отработанного ила и скального шлама подавалась в гря-

зевой бассейн по трубе. При накоплении до определенного объема твердые отходы бурения отверждались комплексным реагентом, а затем затвердевшие твердые отходы бурения собирались и доставлялись на массовую свалку специальными автомобилями. Грязевой бассейн был непроницаем внизу и имел навес сверху, что позволяло избежать разлива отработанного ила и каменной крошки в период дождей. Вместимость хранилища на массивной свалке составляла около $3,2 \times 10^4 \text{ м}^3$. Одна сторона массивной свалки была окружена холмами, а три другие стороны были укреплены бутобетоном. Ниже по течению был сооружен бассейн для хранения сточных вод объемом около 200 м^3 . Сточные воды собирались по перфорированным трубам под массивной свалкой и боковыми канавами вокруг. Сточные воды твердых отходов бурения обрабатывались химическим методом за пределами площадки. После доставки на близлежащую станцию очистки сточных вод в автоцистернах сточные воды обрабатывались до достижения нормативов, а затем сбрасывались в близлежащие реки [2].

Эксперименты показывают, что 1 м^3 твердых отходов бурения и 1 м^3 сланцевой глины можно обжечь до 1000-1200 кирпичей.

Если бы технология была оптимизирована на ранней стадии, например, путем эффективного разделения отработанного шлама и скального шлама, замены сланцевой глины глинистым шламом в скальном шламе, эксплуатационные расходы можно было бы дополнительно контролировать. Судя по прочности обожженного кирпича, кирпич может использоваться для внутренней отделки газопровода или бытового строительства местных жителей. Тем не менее, у кирпичного завода могут быть проблемы с высокой стоимостью эксплуатации, вторичным загрязнением воздуха во время эксплуатации, плохими продажами кирпича, и такие проблемы необходимо решать шаг за шагом [3].

Приведенный выше опыт выдвинул эффективный метод решения проблемы загрязнения твердыми отходами бурения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang A. Characteristics and control of drilling waste in gas field / A. Zhang, S. Wu, D. Liu. – Direct text // Industrial Safety and Environmental Protection. – 2011. – № 1 – P. 29-31.

2. Razmgir S. M. Drilling solid waste management: a case study of the drilling solid waste management and environmental control in one of the Iranian offshore fields / S. M. Razmgir, M. Afsari, M. Amani. – Direct text // Society of Petroleum Engineers. – 2011. – № 5 – P. 280-288.

3. Hickenbottom L. K. Forward osmosis treatment of drilling mud and fracturing wastewater from oil and gas operations / L. K. Hickenbottom, T. N. Hancock, R. N. Hutchings. – Direct text // Desalination. – 2013. – № 312. – P. 60-66.

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Пигилова Р. Н., преподаватель rozapigilova@yandex.ru

Завьялова В. Е., бакалавр, 2006101106@edu.tatar.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: актуальность заключается в том, что в современном мире происходит рост отрицательного воздействия различных факторов на людей, производственные процессы и живые организмы и рост опасности возникновения экстренных ситуаций на химическом производстве, вследствие этого для предотвращения вышесказанного рассматривается промышленная безопасность. Целью статьи является обоснование необходимости политики в области промышленной безопасности на химическом производстве, которая позволит обеспечить надёжность производства и сохранить жизни и здоровье рабочего персонала в процессе трудовой деятельности и рассмотрение плановых учений на производстве на примере ПАО «Казаньоргсинтез». Основным методом является анализ и изучение литературы по данному вопросу.

Ключевые слова: химическое производство, промышленная безопасность.

Крупномасштабные химические производства начали появляться ещё в начале XI века. Это и привело к обострению проблемы промышленной безопасности. Производство непрерывного цикла, при котором производительность не имеет ограничений, является основой химической промышленности. У нынешних крупных установок существует ряд значительных экономических преимуществ, что является причиной быстрого роста производительности. В технологическом оборудовании увеличивается содержание чрезвычайно опасных веществ, что сопровождается допустимостью появления катастрофических пожаров, токсических выбросов, взрывов и многих других разрушительных факторов.

Безопасность эксплуатации химически опасных объектов (ХОО) находится в зависимости от различных факторов, к примеру: физико-химические свойства продуктов и полупродуктов, сырья, надёжности оборудования, условия хранения и транспортировки химических веществ, характера технологического процесса, состояние контрольно-измерительных приборов и автоматики, эффективности противоаварийной защиты. Помимо того, безопасность производства, использования, хранения, и транспортировки опасных веществ основывается на организации профилактического оснащения, готовности работников, их знаний, качества профилактических ремонтных работ, мониторинга надёжности технических защитного снаряжения от чрезвычайных ситуаций.

С 2017 года вступило в силу распоряжение Министерства труда Российской Федерации № 371н от 19 апреля 2017 года "Об утверждении Пра-

вил охраны труда по применению некоторых видов химических веществ и материалов". В документе прописаны необходимые требования к предприятию и осуществлению базовых производственных процессов и работ, связанных с применением: неорганических кислот и щелочей; пластмасс; ртути; эпоксидных смол; жидкого азота; бензола.

На абсолютно всех без исключения химических предприятиях устанавливается предельное значение концентрации токсинов и химикатов, которое показывает уровень, не оказывающий влияние на организм человека при ежедневном воздействии.

Соблюдение безопасности химической промышленности обусловлено рядом факторов, основными из которых являются: рост числа опасных производственных объектов; накапливание токсичных отходов; низкая степень квалификации персонала; ненадлежащее техническое обслуживание объектов; наследование установленным нормам и правилам; риск техногенных катастроф.

В ходе использования опасного производственного объекта выдвигаются требования не только к эксплуатации объекта, но и к готовности к ликвидации экстренных ситуаций на данном предприятии. Абсолютно каждое работающее опасное производство обязано иметь соответствующую лицензию на свою работу. По данным Роструда за 2021 год групповой травматизм при воздействия вредных веществ составляет 50%, тяжёлый - 22% и смертельный - 28%.

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций необходимо проверять готовность рабочего персонала организаций к ликвидации этих ситуаций. Так в Республике Татарстан прошлым летом на территории завода органических продуктов и технических газов ПАО «Казаньоргсинтез» были проведены плановые учения по промышленной безопасности, отработана групповая работа персонала предприятия и специальных служб при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Учения проводились в рамках регулярной подготовки служащих по обеспечению промышленной безопасности на публичном акционерном обществе «Казаньоргсинтез». В соответствии со сценарием плановых учений, нарушитель вывел из строя установку, обеспечивающую циркулирование окиси этилена. Результатом имитированного террористического акта была утечка жидкой окиси этилена на технологическое оснащение завода с последующим испарением. Группа быстрого реагирования частное охранное предприятие «Кеннард» нашла и задержала нарушителя. Одновременно на место происшествия выдвинулся отряд нештатного аварийно-спасательного формирования, газоспасатели, медики и пожарные. Спасатели НАСФ отыскали и провели эвакуацию пострадавшего. Газоспасатели и пожарные ликвидировали причину аварии и минимизировали вероятность ее последствий.

Управление Казаньоргсинтеза, состав всех штатных и нештатных аварийно-спасательных служб, пожарных формирований продемонстрировали высокий уровень подготовки, была отработана слаженная работа всех специальных служб, задействованных на этапе ликвидации учебной аварии.

Проведение подобных учений играет большую роль не только для Казаньоргсинтеза, но и для жителей столицы Республики Татарстан. Компания располагает высокотехнологичным оборудованием, а также подразделениями, готовыми к любым экстренным ситуациям. Важно, чтобы люди, живущие в городе, понимали, что Казаньоргсинтез несмотря на то, что это масштабный производственный объект, не представляет никакой опасности для Казани.

Таким образом, возникновение чрезвычайных ситуаций, вызванных химическими катастрофами и авариями, довольно реально в наше время. Помимо того, за последние годы их вероятность непрерывно увеличивается. Аварии на химически опасных объектах, к несчастью, в настоящее время не редкость, и, вероятно, их никогда полностью не удастся избежать. Предупреждение последствий аварий на химических объектах во многом определяется верной организацией, и незамедлительным проведением аварийно-спасательных работ при чрезвычайных ситуациях на объектах химического производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гридин А. Д. Охрана труда и безопасность на вредных и опасных производствах / А. Д. Гридин. – Москва : Альфа-Пресс, 2018. - 160 с. - Текст : непосредственный.
2. Егоров А. Ф. Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических и нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств / А. Ф. Егоров, Т. В. Савицкая. – Москва : КолосС, 2018. - 526 с. - Текст : непосредственный.
3. Политика в области промышленной безопасности. - Текст : электронный // ПАО "Казаньоргсинтез" : официальный сайт. - 2022. - URL : <https://www.kazanorgsintez.ru> (дата обращения : 13.11.2022).

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОВОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Подгальняя К. А., магистрант, kristina1999pronicheva@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Внешняя коррозия является одним из основных дефектов нефтяных и газовых труб. Для ремонта таких труб используются различные методы, которые оказывают различное воздействие на окружающую среду. Для сравнения процессов ремонта используются категории воздействия на окружающую среду. Результаты по сроку службы ремонта в десять лет показывают, что неметаллическая композитная обертка имеет самые высокие показатели, в то время как угловая сварная накладка оказывает наименьшее воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: окружающая среда, ремонт трубопроводов, нефть и газ, воздействие на окружающую среду, оценка жизненного цикла.

Нефтегазовая промышленность является одним из крупнейших промышленных секторов, в котором этапы – разведка, переработка и распределение создают экологические проблемы. Трубопроводы являются наиболее экономичным и эффективным каналом для транспортировки нефти и газа. Во всем мире трубопроводы, используемые для транспортировки газа и сырых нефтепродуктов, имеют протяженность более 1,7 млн км. Со временем трубы имеют тенденцию разрушаться из-за различных факторов, включая коррозию, которая приводит к выходу труб из строя. Помимо коррозии, трубопроводы могут выйти из строя из-за повреждения материала, сварного шва или случайного повреждения во время раскопок.

Решение о ремонте или замене таких дефектных труб зависит от характера и серьезности дефекта. Такие факторы, как оставшаяся толщина трубы, эксплуатационные параметры и стоимость, являются определяющими параметрами для принятия решения. Всегда предпочтительнее отремонтировать трубопровод, а не заменять его из соображений экономии. Существует несколько методов ремонта поврежденной трубы [1]. Распространенными методами ремонта являются угловая сварная накладка, заподлицо сварная накладка, наплавка сварного шва, механический зажим, неметаллическая композитная ремонтная система и неметаллическая облицовка трубы. Эти методы ремонта делятся на три широкие категории. Первая категория основана на сварке для осаждения дополнительного материала в проржавевшем участке трубы. Таким образом, дополнительный материал придает прочность сечению трубы. Сварка, однако, требует изоляции трубопровода, и могут произойти перебои в транспортировке нефти и газа. Второй способ устраняет это ограничение путем усиления трубо-

провода с помощью металлической втулки или хомута вокруг проржавевшего участка. Эта металлическая втулка и хомут обеспечивают прочность проржавевшей секции. Металлические втулки обычно крепятся к трубе болтами и поэтому не нарушают транспортировку. Последний метод основан на использовании композитного материала для усиления проржавевшего участка. Несколько слоев композитный материал обернут вокруг проржавевшей секции. Обычно выбор метода зависит от размера и характера дефекта [1].

Нефть и газ являются легковоспламеняющимися веществами, и они транспортируются под давлением по трубопроводам. Выход из строя нефте- и газопроводов сопряжен с рядом экологических рисков. Вышедший из строя трубопровод может привести к пожару, взрывам и выбросу токсичных веществ в окружающую среду. Аналогичным образом, материалы и энергия, потребляемые во время эксплуатации и технического обслуживания этих трубопроводов, могут создавать ряд экологических проблем, включая парниковые выбросы газов и выброс опасных отходов в воздух, воду и почву. Поэтому важно понимать экологические показатели различных видов деятельности, связанных с обслуживанием этих трубопроводов.

Экологические характеристики методов ремонта зависят от процедур ремонта. Оценка жизненного цикла – стандартизированный инструмент ISO, является одним из наиболее важных подходов к оценке воздействия на окружающую среду, используемых во всем мире в самых разных секторах [2]. Процедура оценки жизненного цикла состоит из четырех этапов, которые обычно выполняются итеративно для учета изменений: определение цели и сферы охвата, инвентаризационный анализ жизненного цикла, оценка воздействия жизненного цикла и интерпретация.

Исследователи изучили воздействие различных сварочных процессов на окружающую среду. Считается, что дуговая лазерная гибридная сварка является наиболее экологичной процедурой сварки [3]. Если сравнивать дуговую сварку металла в защитном слое, дуговую сварку с сердечником и дуговую сварку под флюсом, то дуговая сварка под флюсом на 70% более опасна по сравнению с дуговой сваркой защищенного металла. Плазменно-дуговая резка оказывает незначительное воздействие на окружающую среду по сравнению с кислородно-ацетиленовой резкой. При сварке 1-метрового шва дуговая сварка потребляет наибольшее количество ресурсов (таких как присадочный материал и покрытие на электродах) и энергии, что способствует сравнительно большему воздействию на окружающую среду. При производстве машин/оборудования (этап изготовления) медь и мягкая сталь являются основными загрязнителями.

В последние годы в нефтегазовой трубной промышленности расширилось использование неметаллической композитной обертки, и компо-

зитный материал, используемый в этой технологии, состоящий из волокна и смолы. Исследование показало, что стекловолокно выделяет больше CO_2 , SO_2 , фосфатов и нитратов [4].

Армированные волокнами полимерные композиты используются для укрепления и ремонта бетонных конструкций. Цель состоит в том, чтобы избежать сноса существующих сооружений. Результаты исследований оценки жизненного цикла продемонстрировали, что этот подход также является экологически чистым решением. Система на основе армированного волокнами полимера не только снижает стоимость покрытий, но и оказывает наименьшее воздействие на окружающую среду [5]. Экологические и экономические воздействия из различных типов полимерных материалов в дренажной трубе показывают, что нанокompозитная конструкция снижает экологические риски и стоимость материалов для гофрированных труб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rojas J. Repair of Pressure Equipment and Piping ASME PCC / J. Rojas. – URL : https://www.academia.edu/36806214/Repair_of_Pressure_Equipment_and_Piping_ASME_PCC_ / (date of the application 16.11.2022). - Text : electronic.

2. Environmental management Life cycle assessment Requirements and guidelines. - Text : electronic // ISO 14044:2006 : official website. - 2006. - URL : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14044:ed-1:v1:en> (date of the application : 16.11.2022).

3. Sproesser G. Life Cycle Assessment of welding technologies for thick metal plate welds / G. Sproesser. – URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615008549?via%3Dihub> / (date of the application 16.11.2022). - Text : electronic.

4. Corbière-Nicollier T. Life cycle assessment of biofibres replacing glass fibres as reinforcement in plastics / T. Corbière-Nicollier. – URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344901000891?via%3Dihub> / (date of the application 16.11.2022). - Text : electronic.

5. Ahmed I. M. Life cycle assessment (LCA) and cost (LCC) studies of lightweight composite flooring systems / I. M. Ahmed. – URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710218305321?via%3Dihub> / (date of the application 16.11.2022). - Text : electronic.

МОДЕЛЬ СИСТЕМНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Подгальняя К. А., магистрант, kristina1999pronicheva@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В связи с несчастными случаями на производстве в последние годы как в нашей стране, так и во всем мире требуется внедрение системы управления охраной труда, которая может подвергаться устойчивому аудиту. Целью этой системы управления является обеспечение того, чтобы мероприятия по охране труда были более простыми, понятными и легко реализуемыми на рабочем месте, чтобы помочь создать более эффективную систему профилактики и обеспечить эффективное участие всех сотрудников независимо от разницы в уровне от операционной системы к системе безопасности. В данной работе проводится обзор литературы, показаны преимущества системы управления охраной труда.

Ключевые слова: система управления, гигиена труда, несчастный случай на производстве, безопасность труда.

Временные меры, принимаемые в результате постоянно растущих несчастных случаев на производстве, включают деятельность по охране труда в замкнутый круг. Хотя эти меры действуют в течение короткого периода времени, недостаточность этих мер вскоре приводит к возникновению новых несчастных случаев на производстве.

Неадекватность эфемерных мер выявила необходимость в постоянной практике, и было сочтено, что создание стандартов в этом контексте дает более эффективные результаты. Международная организация по стандартизации внесла большой вклад, предприняв шаги по этому вопросу со своими документами и наставниками для формирования этого систематического порядка в международной области.

В последние годы очевидно, что значение, придаваемое системам управления охраной труда, возросло. Подчеркивая, что работодатели и работники должны управлять рисками, приводящими к профессиональным заболеваниям или несчастным случаям, Международная организация труда настоятельно призывает к необходимости системы управления охраной труда для выполнения трудовых функций [1].

Системы управления могут быть приняты в качестве наилучшей практики для поддержания деятельности по охране труда стандартным образом и для достижения упреждающей цели.

Эффективная система управления состоит из следующих элементов:

- Политика;
- Планирование;
- Организация;

- Участие и представительство сотрудников;
- Коммуникация;
- Измерение производительности;
- Корректирующие и предупреждающие действия;
- Постоянное совершенствование.

Как стандарты качества, так и системы управления охраной труда должны внедряться совместно, чтобы создать эффективную систему управления. Таким образом, основная логика всех систем качества и менеджмента основана на цикле Деминга. Цикл Деминга (рис.1) обеспечивает реализацию 4 основных фаз и подчеркивает этапы, через которые должны пройти эти фазы.

Системы управления охраной труда позволяют систематически управлять рисками, связанными с охраной труда на предприятиях, выявлять и систематизировать процессы, процедуры предприятий и организаций, а также обеспечивать реализацию, пересмотр и непрерывность их планов. Преимущества систем управления для предприятий и организаций заключаются в следующем [2]:

- Сокращение несчастных случаев на производстве;
- Рост производительности, сокращение потерь персонала и прогулов;
- Снижение расходов на страхование;
- Формирование культуры охраны труда и техники безопасности;
- Вовлечение работников в систему охраны труда и техники безопасности;
- Сильное руководство для управления процессом;
- Обеспечение чувства безопасности сотрудников.



Рис. 1. Цикл Деминга

Реализация элементов, лежащих в основе системы управления, может созданию основы системы. Этими элементами являются [2]:

- Приверженность высшего руководства;
- Политика в области охраны труда и техники безопасности;
- Распределение ресурсов в соответствии с применимостью системы;
- Определение обязанностей и механизма подотчетности;
- Управление рисками;
- Участие сотрудников;
- Развитие навыков в области охраны труда и техники безопасности;
- Интеграция.

Логика выделяться среди всех остальных и воздерживаться от проявления инициативы в одиночку является распространенным восприятием, которое существует и преобладает в нашем обществе. Из-за такого восприятия некоторые модели поведения, которые приводят к продолжению сбоев в работе системы, не могут быть устранены, и это неправильное поведение закрепляется как культура. Цель системы управления состоит в том, чтобы помочь изменить это восприятие. Обучение является наиболее эффективным инструментом в отношении этого вопроса.

Уровень экономической, социальной, культурной, политической и технологической структуры страны играет жизненно важную роль во внедрении и устойчивости систем управления охраной труда. Несмотря на то, что развитые страны должным образом применяют эти мероприятия на практике, развивающиеся страны испытывают трудности в их осуществлении. Поскольку Россия является развивающейся страной, может потребоваться несколько лет, чтобы довести уровень мероприятий по охране труда до уровня развитых стран. Ключевым понятием в обеспечении успеха является «культура безопасности». Для того чтобы создать надлежащую систему управления, правила гигиены труда и техники безопасности должны быть приняты в качестве повседневной жизни в первую очередь теми лицами, к которым будут применяться эти системы управления. мнение, которое существует и преобладает в нашем обществе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Occupational Safety and Health Management Systems. – Text : electronic // International Labor Organization (ILO) : site. – URL : <https://www.ilo.org/safework/areasofwork/occupational-safety-and-health-management-systems/lang--en/index.htm> / (date of the application 12.11.2022).

2. Occupational health and safety. – Text : electronic // International Organization for Standardization (ISO 45001) : site. – URL : <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100427.pdf> / (date of the application 12.11.2022).

ВЛИЯНИЕ ТЭК НА ЭКОЛОГИЮ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Родионова Д. Д., бакалавр, dianarodionova62@gmail.com

Пигилова Р. Н., преподаватель, rozapigilova@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной статье, я задела проблему загрязнения окружающей среды предприятиями топливно-энергетического комплекса, эта проблема актуальна именно для нашей страны, ведь доход от производства энергетического сырья является основой развития экономики Российской Федерации. Цель выделение направления работы для уменьшения загрязнения окружающей среды. Для этого были выделены основные источники загрязнения окружающей среды, последствия загрязнения и группы людей, наиболее подверженных этим процессам. Основным методом является изучение нормативно-правовой базы и материалов необходимых для достижения цели.

Ключевые слова: ТЭК, экология, парниковый эффект, климат.

Топливной энергетический комплекс уже много лет является одним из главных условий роста и развития экономики России, но несмотря на это он занимает первое место по критериям воздействия на экологическую обстановку. К сожалению влияние ТЭК на экологию нашей планеты зачастую носит негативный характер, оно приводит к появлению «парникового» эффекта, изменению сейсмотектонических условий геологической среды, водных пространств, деградации биологических видов. Но даже наличие таких серьёзных проблем не меняет угледобывающий характер производства.

На всемирном уровне особое опасение вызывает выброс парниковых газов, ведь это приводит к изменению климата. Не стоит забывать, что глобальное потепление является одной из глобальных проблем человечества, по данным ВОЗ с 2030 по 2050 изменение температуры увеличит число смертей на 250000 в результате увеличения опасных погодных явлений, засухи, цунами, наводнений, а также нехваткой питания и развитием новых заболеваний. Ученый считают, что наибольшую опасность эти последствия представляют для жителей беднейших стран, которые в наименьшей степени причастны к изменению климата.

Возможность нанесения экологического вреда носит и повышенная аварийность данного вида производства. Так по данным Минэнерго аварии на предприятиях ТЭК происходят каждые пол часа, а Россия занимает первое место в мире по загрязнению среды обитания горючесмазочными веществами.

Опасность грозит не только людям, непосредственно работающим на предприятиях ТЭК, но обычному населению, соседствующему с этими организациями, ведь уровень загрязнения воздуха и воды напрямую зави-

сит от нахождения вблизи объекта топливо энергетического комплекса. Экологическая опасность возникает и при переработке газа и нефти, так при сжигании бензина в воздух попадают токсичные вещества, но некоторые потребители желая сэкономить используют бензин более низкого качества, что увеличивает выброс токсинов в атмосферу планеты.

Но какие пути решения есть у данной проблемы? Правительство РФ должно принимать решительные шаги в обеспечении экологической безопасности для сохранения нашей планеты в дальнейшем. Можно выделить следующие направления

1. Создание и введение в эксплуатацию экологически чистых технологий. Это поможет обеспечить рациональное расходование ресурсов и снижение количества выбросов в атмосферу.

2. Разработка проектов по минимизации выбросов от генерирующих установок, участие в международных конвенциях. Данная мера способствует приобщению России к международному праву в области охраны окружающей среды, а значит двойному надзору за выполнением всех требований.

3. Создание более совершенного законодательства и ужесточение контроля за субъектами ТЭК. Данный шаг способствует усилению надзора за соблюдением экологических норм не только со стороны государства, но и на предприятиях топливно энергетического комплекса

4. Строительство природоохранных объектов по обезвреживанию вредных веществ для уменьшения уже имеющихся последствий загрязнения.

5. Анализ количества аварий на предприятиях ТЭК, создание реестра указанием с причин, последствий и возможностью их устранения. Это будет способствовать предотвращению подобных аварий в дальнейшем и более быстрому устранению последствий.

В России в рамках национального проекта “Экология” уже ведутся действия по сокращению пагубного влияния предприятий ТЭК на биосферу. Осуществление этих мер возможно только при тесной работе государства с компаниями, организующими работу ТЭК, привлечении их в работу над экологическими проектами, выделении дотаций. Ведь дальнейшее развитие энергетических установок должно не только соответствовать всем техническим параметрам, но и учитывать их экологическую емкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологические проблемы ТЭК и пути их решения. - Текст : электронный // Vizlit : сайт. - 2022. – URL : https://vuzlit.com/635175/ekologicheskie_problemy_puti_resheniya (дата обращения 11.11.2022).

2. Экологические аспекты ТЭК России. - Текст : электронный // Независимая газета : сайт. - 2022. – URL : https://www.ng.ru/energy/2009-05-13/9_tek.html (дата обращения 11.11.2022).

3. Хансевяров Р. И. Влияние топливно-энергетического комплекса на окружающую среду / Р. И. Хансевяров. - Текст : электронный // Экономические науки - 2012 - № 1. – URL : https://ecsn.ru/files/pdf/201201/201201_130.pdf (дата обращения: 11.11.2022).

УДК 621.928.9 + 628.511

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ В СФЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Рыжов Е. А., бакалавр, eryz141@gmail.com

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Изучена нормативная документация по системе безопасности труда и санитарно-гигиеническим требованиям к воздуху в рабочей зоне. Приведены принципы работы и критерии выбора сухих циклонных пылеуловителей. Изучены критерии прочности металлов. Описан процесс, который повреждает стенки корпуса. Предложен вариант доработки конструкции пылеуловителя, для его более экологичного и экономически выгодного использования.

Ключевые слова: пылеуловители, аэрозоль, пыль, твердые частицы, рабочая зона, безопасность, аппараты газоочистки, дисперсность.

Пыль воздуха рабочей зоны – это совокупность находящихся во взвешенном состоянии мельчайших твердых частиц, которые образуются в процессе производства, вследствие дробления или истирания [1]. Пыль нуждается в фильтрации, так как она является причиной многих профессиональных заболеваний. Чаще всего, улавливание взвешенных мелкодисперсных твердых частиц осуществляют с помощью пылеуловителей.

Наибольшее распространение получили сухие циклонные пылеуловители. Это простые устройства, которые имеют конусообразную форму, куда запыленный поток воздуха подводится по касательной и закручивается, из-за центробежной силы пыль соударяется со стенками аппарата, теряет свою скорость и под действием силы тяжести падает вниз в пылесборный бункер. Данные устройства используют для пыли с дисперсностью улавливаемых частиц – от 20-50 мкм и больше.

По требованиям безопасности в ГОСТ 31831-2012 циклон должен быть выполнен так, чтобы концентрация вредных веществ в рабочей зоне, а также их выбросы в природную среду в процессе эксплуатации не превышали допустимых значений, установленных ГОСТ 12.1.005 и санитарными нормами [2,3].

В промышленности также используют и пылеуловители мокрого типа, но они эффективны там, где требуется очистка газа от пыли средней дисперсности, но такие установки часто выходят из строя и требуют большого расхода воды [4]. Поэтому преимущественно выбирают циклонные пылеуловители из-за невысоких капитальных затрат и простой эксплуатации. Однако такие установки рассчитаны на определённый срок эксплуатации, после чего выходят из строя и требуют ремонта. В связи с этим, существует необходимость в постоянном усовершенствовании установок пылеуловителей с целью продления сроков эксплуатации, а также экономически выгодной составляющей со стороны потребителя.

Так, например, при выполнении шлифовальных и полировочных работ, абразивная пыль, которая попадает внутрь пылеуловителя со стенками из непрочного металла, образует мельчайшие механические повреждения. Для усовершенствования таких пылеуловителей можно установить сменную внутреннюю накладку из более прочного материала. Изучив прочность разных видов металлов (см. Табл. 1) [5], где прочность железа 250 МПа, а вольфрама 1200 МПа, получается, что вольфрам прочнее железа в 4,5 раза, поэтому усовершенствование пылеуловителя заключается во внутреннем, сменном вольфрамовом корпусе, который увеличит срок эксплуатации (см. Рис. 2а).

Таблица 1

Предел прочности некоторых металлов

Металл	Предел прочности, МПа
Алюминий	80
Медь	220
Железо	250
Титан	600
Вольфрам	1200

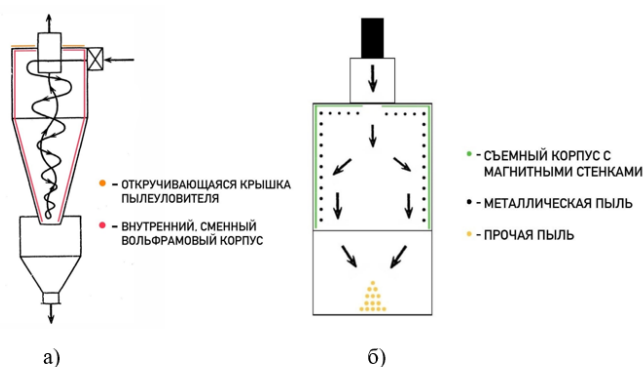


Рис. 2. Циклонный пылеуловитель: а) со сменным вольфрамовым корпусом;
б) с магнитными стенками пылесборного бункера

Кроме того, еще одной доработкой для более экологичного использования пылеуловителей, является добавление магнитных стенок (магнитного сепаратора) в пылесборный бункер пылеуловителя. Для осуществления раздельного сбора металлической и другой пыли.

При очистке пылесборного бункера, металлические частицы будут скапливаться на стенках бункера, а древесная и прочая пыль будет находиться на дне бункера. Частицы металла можно отправить на переплавку и использовать повторно, а прочую пыль необходимо утилизировать в соответствии с нормами. Пример установки представлен на Рис. 2б.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голянская С. А. Коллоидная химия для студентов направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» : учебное пособие для вузов / С. А. Голянская, О. В. Агейкина. – Тюмень : РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2015. – 129 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. № 3388 : введен впервые : дата введения 1989-01-01 / разработан Министерством здравоохранения СССР, Всесоюзным Центральным Советом Профессиональных Союзов. – Москва : Стандартинформ, 2017. - 49 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 31831-2012 Пылеуловители центробежные. Требования безопасности и методы испытаний. Межгосударственный стандарт: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 ноября 2012 г. № 989-ст : введен впервые : дата введения 2014-01-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием "Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении" (ВНИИНМАШ). – Москва : Стандартинформ, 2017. - 14 с. – Текст : непосредственный.

4. ПЗГО : Приволжский завод газоочистного оборудования : сайт. – URL : <https://gas-clening.ru/product/scrubber> (дата обращения 20.08.2022). – Текст : электронный.

5. Центр ПСС: Центр проектов и расчетов : сайт. – URL : <https://www.center-pss.ru/st/st166.htm> (дата обращения: 23.08.2022). – Текст : электронный.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

Смирнова Д. И., бакалавр, smirnovad122@gmail.com

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В настоящее время существует проблема утилизации лопастей ветрогенераторов, которая возникает из-за невозможности переработки отходов. Данная статья представляет собой анализ различных способов утилизации лопастей и экологических проблем этого процесса.

Ключевые слова: ветрогенератор, лопасти, энергия.

На сегодняшний день, существует множество видов получения электроэнергии. Одним из которых является ветроэнергетика, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую. Рассмотрим экологические плюсы ветровой энергетики:

Не присутствуют выбросы углекислого и других газов; электроустановки занимают маленькую территорию; энергия ветра неистощима в отличие от ископаемых; снижение нагрузки на водные ресурсы.

Минусы: нет гарантии на получение необходимого количества энергии из-за недостатка силы ветра; шум, радиопомехи и низкочастотные вибрации влияют на животных и людей; снижается скорость движения воздушных масс, что делает климат континентальным; экологический мусор - невозможность переработать лопасти ветрогенераторов.

Возобновляемая и чистая ветряная энергия изменчива из-за климатических условий и опасна для экологии, несмотря на выработку мощности и долговечности установок [1].

Отдельно проанализируем неперерабатываемые отходы. Из всей ветровой установки утилизации подлежат металлические, бетонные, силовые конструкции, но не лопасти, которые являются самой большой деталью ветряка, производимой из композитных материалов. Вторичное использование невыгодно. В лопасти маломощного ветряка содержится 20 тонн полимеров, армированных волокон. Такое количество веществ нельзя использовать повторно, сжечь, вывезти на свалку. Для утилизации выделяются огромные площади, куда их складывают и засыпают землей. Это не вредит живым микроорганизмам, почве, воде, потому что материал изготовления безопасный, но требуется большое пространство, что превращает зеленые участки земли в пустыри для хранения.

К основным причинам экологического кризиса относится плохое горение и загрязнение фильтров. Это происходит из-за типа материалов, ко-

которые не позволяют производить сжигание из-за слабого горения и закупорки очистительных установок. Смешанные компоненты, из которых изготовлены лопасти, невозможно разделить при переработке. Также возникает сложность в транспортировке лопастей. Все эти причины заставляют задуматься о возможности утилизации лопастей ВЭУ. На данный момент существует несколько способов:

Процесс сольволиза – разложение между веществами на растворитель и растворенное, но не все материалы ВЭУ способны растворяться; Пиролиз лопастей – сжигание материалов, которое реализуется в условиях вакуумной среды, специальной печи. Остаток добавляют в состав цемента, также можно этот остаток закопать, но рециклинг не произойдет; Механическая рециркуляция – метод механической утилизации позволяет применять полученное сырье для производства пластмассы или композитного материала [2]. Для этого лопасти измельчают до образования мелких гранул; Горение – при сжигании выделяются зола, коксующие материалы, ядовитые вещества, шлак; Измельчение лопастей и превращение смеси стекловолокна в ограждения для подавления шума от автомобилей и заводов; Превращение лопастей во вторсырье, которое измельчают до волокон и применяют для отделочных материалов.

В Нидерландах работники архитектурного бюро измельчили пять списанных лопастей и создали горки, лесенки, туннели на детской площадке [3]. В США занимаются изучением применения композитных материалов в промышленности. На техасском заводе разрушают лопасти с прессованием их в плиты с древесноволокнистой структурой. В проектах предлагают использовать композиты для производства ограждений и железнодорожных шпал, гранулированного сырья из старого для создания нового [4].

В данной работе отражена лишь небольшая часть негативного влияния ветрогенераторов на экологию. Несмотря на улучшение экологической обстановки на планете, при утилизации лопастей загрязняется окружающая среда, атмосфера, происходит ежегодное уничтожение популяций птиц, летучих мышей. Следует сделать вывод, экологически невыгодно производить такой вид энергии, потому что он пагубно влияет на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Султанов М. М. Модель оценки технико-экономических показателей оффшорных ветроэлектростанций / М. М. Султанов. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2021. - Т. 23, № 5. - С. 46-55.
2. Утилизация лопастей ветрогенераторов (ветряков): альтернативные способы по рециклингу лопастей, почему во многих странах это большая

проблема, что делают из переработанных лопастей от турбин. – Текст : электронный // Экспертный журнал о мусоре, отходах производства : сайт. – 2022. – URL : <https://vseomusore.com/utilizatsiya/utilizatsiya-lopastej-vetrogeneratorov-vetryakov-alternativnye-sposoby-po-retsiklingu-lopastej-pochemu-vo-mnogih-stranah-eto-bolshaya-problema-chto-delayut-iz-pererabotannyh-lopastej-ot-turbin/> (дата обращения : 27.10.2022).

3. Лопастей много, а места мало, или как утилизировать ветрогенераторы. – Текст : электронный // Электротехнический интернет-портал : \сайт. – 2020. – URL : <https://www.elec.ru/publications/alternativnaja-energetika/5806/> (дата обращения: 27.10.2022).

4. Куда без вреда для экологии деть устаревшие ветряки? – Текст : электронный // Блог-платформа «Дзен» : \ сайт. – 2021. – URL : <https://dzen.ru/media/4705363ksv/kuda-bez-vreda-dlia-ekologii-det-ustarevshie-vetriaki-vetroenergetika-pro-et-contra-chast-18-604c6dea6c861f0107aa0f95> (дата обращения: 27.10.2022).

Научный руководитель: Аверьянова Ю. А., канд. тех. наук, доцент

УДК 504.05

ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПРИЕМАМ ДЛЯ ПОИСКА ИННОВАЦИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Сосновская Л. Б., канд. техн. наук, доцент, sosnovskayalb@rambler.ru
г. Нижнекамск, Нижнекамский химико-технологический институт (филиал КНИТУ)

Аннотация. Большинство предприятий топливно-энергетического комплекса в нашей стране построены достаточно давно и нуждаются в постоянной модернизации для повышения энергосбережения, эффективности производства с точки зрения производительности процессов и аппаратов, улучшения экологичности производства и снижения углеродного следа.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, патентные исследования, новшества.

В процессе обучения студентов технических специальностей следует научить их пользоваться теми источниками информации и в определенной последовательности с тем, чтобы они умели правильно выбрать и направление исследования и уметь разработать или найти новшество для внедрения на проектируемом предприятии или уже на работающем том или ином производстве с целью энергосбережения, снижения нагрузки на окружаю-

щую среду, минимизации отходов и повышения производительности процессов топливно-энергетической промышленности.

Разработанные в последнее время справочные и нормативные документы позволяют сделать это грамотно и выбрать оптимальное новшество для внедрения или направление для исследования или разработки выпускной квалификационной работы (ВКР).

Для ознакомления с существующим положением в той или иной отрасли отечественной промышленности разработаны и постоянно актуализируются информационно-технические справочники наилучших доступных технологий (ИТС НДТ). Эти ИТС НДТ являются документами национальной системы стандартизации, утверждены федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации (Росстандартом) и содержат систематизированные данные в определенной области. Они включают описание наилучших доступных технологий (НДТ). Так как эти справочники готовятся и актуализируются, в том числе специалистами российских предприятий, они содержат актуальные сведения об отечественных технологиях, применяемых в промышленности. Положительным моментом является и то, что в этих справочниках приводятся данные по выбросам, сбросам и отходам, которые имеются на предприятиях.

Студентам, особенно очных отделений, наравне с учебниками по той или специальности, желательно ознакомливаться с существующими и применяемыми на производстве технологиями, которые довольно подробно описаны в этих справочниках, тогда они получают комплексное представление об изучаемой технологии.

Следует подчеркнуть, что все справочники, а на данный момент опубликовано их уже 50, делятся на так называемые вертикальные (№ 1-7, 11-14, 16, 18-19, 21, 23-34, 37-45, 49, 50), в которых описываются технологии, применяемые в одной определенной отрасли промышленности, и горизонтальные (8, 9, 10, 15, 17, 20, 22, 22.1, 35-36, 38, 46-48), в которых описывают НДТ, которые можно использовать в различных областях промышленности.

Для студентов, которые готовятся идти работать на предприятия топливно-энергетического комплекса, хорошо ознакомиться и использовать в подготовке выпускных квалификационных работ данные из справочников ИТС НДТ №№ 8, 9, 17, 22, 22.1, 28-30, 38, 48, 50, а для химиков технологов обязательно еще и №№ 18, 19, 21 и 31-34. В этих справочниках приводятся основные маркерные вещества, по содержанию которых в выбросах можно ориентироваться на экологичность своего производства. Следует при разработке ВКР также учитывать, что нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ устанавливаются и утверждаются правительством РФ и коррелировать данные исследований с законодательно установленными нормами.

Для того, чтобы усовершенствовать тот или иной производственный процесс или оборудование, применяемое в нем, следует четко выявить уз-

кие места технологии, а затем ориентируясь на положения ГОСТ 15-011-22 провести патентные исследования, с целью выявления описанных технических решений, действующих на территории РФ. Это необходимо делать обязательно, дабы не изобретать велосипед и обезопасить себя от претензий патентообладателей действующих патентов.

В нашем вузе все выпускники кафедры нефтехимического синтеза, которые работают или готовятся к работе на предприятиях нефтехимии, нефтепереработки или ТЭЦ обязательно при подготовке выпускных квалификационных работ разрабатывают новшества для своих проектируемых установок. Причем новшества могут относиться как непосредственно к основной технологии, так и к технологиям, применяемым для очистки сбросов или выбросов.

Здесь следует ориентировать их не только на проведение патентного поиска в отечественной патентной базе данных на сайте ФИПС, но и в патентных базах данных США, ЕС и международных заявок с целью нахождения технических решений, которые не запатентованы в нашей стране и которые можно, в некоторых случаях беспрепятственно, применять на действующих производствах.

Если же проводить патентные исследования в полном объеме, как это указывается в ГОСТе, то можно выявить и тенденции в направлении развития той или иной технологии, процесса и т.п. Выявленные тенденции позволяют спрогнозировать и исследователям, и студентам то направление в технике и технологии, которое следует развивать и совершенствовать.

Комплексный подход в обучении студентов с применением знаний о существующих в стране НДТ и имеющихся запатентованных новшествах позволяет расширить их круг знаний и научить мыслить в направлении совершенствования той области, в которой он трудится или предполагает трудиться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скобелев Д. О. Наилучшие доступные технологии : учебное пособие / Д. О. Скобелев, Б. В. Боравский, О. Ю. Чечеватова. – Москва : Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. – 176 с. – Текст : непосредственный.

2. Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств : учебник / под общ. ред. А. С. Тимонина. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 476 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ Р 15.011-2022. Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 июня 2022 г. № 453-ст:

введен взамен ГОСТ Р 15.011—96 / Разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФГУП «ВНИИОФИ») и Обществом с ограниченной ответственностью «Компания патентных поверенных «Арс-Патент» (ООО «Арс-Патент»). – Москва : ФГБУ «РСТ», 2022. - 32 с. – Текст : непосредственный.

УДК 711.73

ОБЗОР НОВОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ECOGRANIC И ЕГО СВОЙСТВ

Тицкая С. Ю., бакалавр, titskajasj@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрено актуальное решение проблемы загрязнения окружающей среды. Современные автомобильные дороги являются местом повседневной работы множества автовладельцев. В Российской Федерации, традиционно, из года в год растёт автомобильный трафик, что показывает повышение уровня автомобилизации по регионам и по стране в целом. Из-за этого возрастает количество выбросов в атмосферу. Покрытие ecoGranіc может помочь в решении этой проблемы благодаря своим абсорбирующим свойствам.

Ключевые слова: загрязнение среды, дорожное покрытие, выбросы.

Непрерывное технологическое развитие и современные потребности человека несут в себе важную проблему загрязнения. Увеличение выбросов загрязняющих газов от различных источников сгорания таких, как транспортные средства, промышленные объекты и другие виды производства энергии вызывают так называемое глобальное потепление [1].

К числу наиболее вредных загрязнителей относятся оксиды азота в силу того, что являются высокотоксичными, вступают в реакцию с не-сгоревшими углеводородами с образованием озона – основной причиной так называемых кислотных дождей. Ежегодно выбрасывается в атмосферу более тридцати миллионов тонн оксидов азота. Более вредные, чем сам СО₂, эти газы виноваты в заболеваниях сердца и легких. Они также могут вызывать кожную сыпь, конъюнктивит и астению. Из-за этой серьезной проблемы промышленно-развитые страны подписали Киотский протокол 1997 года. С тех пор были разработаны различные стратегии регулирования выбросов этих загрязняющих газов.

В этом контексте становится жизненно важным шагом на пути к устойчивому развитию удовлетворение нынешних потребностей без ущерба для будущих поколений и сохранения биоразнообразия и экосистем.

После нескольких лет исследований и испытаний компания «есоGranіс» запатентовала дорожное покрытие нового экологичного поколения, которое выполнило более ста работ и было сертифицировано как первое дорожное покрытие, способное разлагать оксиды азота. Реальное и эффективное решение, которое вносит значительный вклад в то, чтобы города и их окрестности стали более чистыми и безопасными [2].

ЕсоGranіс плиты способствуют удалению загрязняющих веществ из атмосферы. Это дорожное покрытие очень экологичного по составу, потому что включает в себя переработанные материалы, особенно в промышленном и строительном секторах. Повторное использование этого сырья означает значительное снижение потребления природных ресурсов. Хотя физические свойства дорожного покрытия не изменяются, это способствует снижению выбросов загрязняющих газов в атмосферу, возникающих при обработке таких материалов.

ЕсоGranіс борется с загрязнениями с помощью фотокатализа, естественного процесса окисления, аналогичного фотосинтезу растений. ЕсоGranіс содержит на своей поверхности мощный катализатор, который активируется в присутствии света как искусственного, так и естественного, превращая загрязняющие газы, которые находятся в городских районах, в безопасные продукты для здоровья человека и без какого-либо воздействия на окружающую среду. Состав представлен на рис. 1.

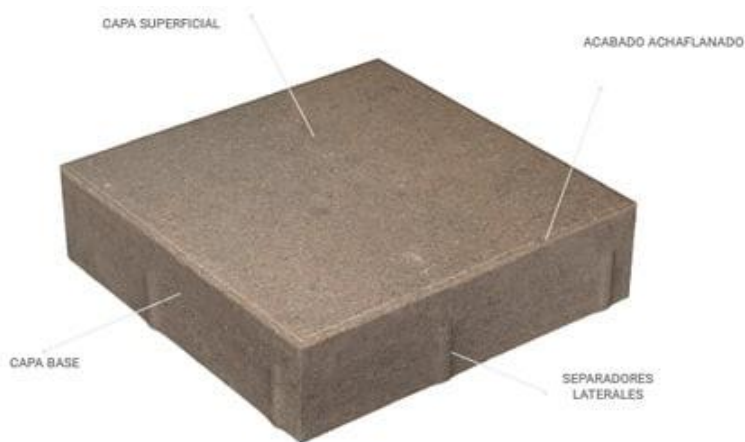


Рис. 1. Составляющие плиты есоGranіс

Тесты, проведенные голландской лабораторией университета Твенте в соответствии с ISO 22197-1:2007, и исследования, проведенные в ходе различных работ, показали эффективность экогранитового обеззараживания покрытия до 56% при разложении закиси азота. Это означает, что если бы поверхность футбольного поля была вымощена экогранитом, то это бы устранило загрязнения, которые генерируются более, чем четырьмя тысячами транспортных средств в течение года [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерябин В. А. Экология : учебное пособие / В. А. Дерябин, Е. П. Фарафонтова. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 136 с. — Текст : непосредственный.
2. Eсоgranic, экологически чистое покрытие, способное очищать воздух в городах. - Текст : электронный // Электронный журнал «EcoInventos» : сайт. - 2019. - URL : <https://автопрайс.рф/svet-tyumenskih-ulits> (дата обращения : 18.11.2022).
3. eсоGranic: бетонное обеззараживающее покрытие. - Текст : электронный // Сайт производителя бетонных плит и изделий для наружных полов : сайт. - URL : <https://pvt.es/en/> (дата обращения : 18.11.2022).

УДК 928.97

ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УМНОГО ОСВЕЩЕНИЯ УЛИЧНЫХ ДОРОГ

Тицкая С. Ю., бакалавр, titskajasj@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены актуальные системы уличного освещения и их преимущества по сравнению с теми, которые применяются в большей части городов России. Также приведена схема функционирования улучшенной инфраструктуры уличного освещения. Она сократит потребляемую энергию, уменьшит выбросы углекислого газа и снизит затраты на техническое обслуживание оборудования

Ключевые слова: умный город, уличное освещение.

На данный момент актуальным является вопрос снижение выбросов отходов в окружающую среду. Одним из методов является уменьшение потребления электроэнергии. Это происходит вследствие того, что около шестидесяти процентов общей электроэнергии генерируется на ТЭС. Среди отходов такого производства можно заметить тяжелые металлы такие, как кадмий и свинец, которые провоцируют развитие сердечно-сосудистых заболеваний. Также вред окружающему миру наносят парниковые газы. К ним относится углекислый, который образуется при сжигании топлива [1].

Значительная доля потребления электроэнергии приходится на наружное уличное освещение. Рассмотрим это более подробно на примере города Тюмень. В этом городе на данный момент освещение организовано более, чем на одной тысяче километров. За прошедшие пять лет траты составили сто двадцать четыре миллиона кВт. Более интенсивное освещение использу-

ется на главных улицах, остановках общественного транспорта. Само наружное освещение организовано в соответствии со специальным графиком и лишь корректируется каждые пять дней в зависимости от продолжительности светового дня. Освещение никак не зависит от погодных условий [2].

В умных городах уличное освещение не только обеспечивает общее освещение, но и может определять окружающую среду, включая природную среду, качество воздуха, уровень шума и мониторинг дорожного движения, а также обеспечивать доступ к общественным беспроводным сетям. Добиться энергоэффективности умных городов можно при помощи сочетания сбора данных и аналитических облачных вычислений. Интеллектуальное уличное освещение управляется датчиками центральной системы управления. Освещенность варьируется в зависимости от потребностей окружающей среды для наиболее эффективного использования ресурсов.

Одним из главных преимуществ этой системы освещения является автоматическое уведомление администратора о неисправности, чтобы добиться оперативного реагирования.

Общая схема системы умного освещения представлена на Рис. 1. В лампы встроены датчики движения, освещенности. При приближении человека лампа вблизи него загорается и отправляет сигнал соседним, и те в свою очередь тоже включаются. Благодаря этому люди могут чувствовать себя в большей безопасности в темное время суток. Из-за встроенных датчиков освещенности уличное освещение автоматически начинает работать в туман. Это благоприятно влияет на снижение ДДП [3].

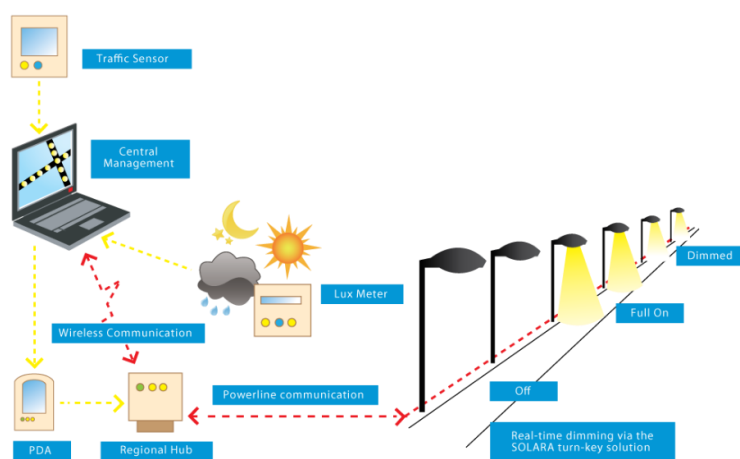


Рис. 1. Схема работы и управления умного освещения

Таким образом, умное освещение помогает сократить потребляемую энергию, уменьшить выбросы углекислого газа и снизить затраты на техническое обслуживание оборудования. Такая система позволяет городам быть более безопасными, энергоэффективными и гибкими для будущего развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерябин В. А. Экология : учебное пособие / В. А. Дерябин, Е. П. Фарафонтова. — Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2016.— 136 с – Текст : непосредственный.

2. Анализ освещения тюменских улиц. - Текст : электронный // Электронный журнал «Автопрайс.рф» : сайт. - 2018. - URL : <https://автопрайс.рф/svet-tyumenskih-ulits> (дата обращения : 18.11.2022).

3. «Умное» освещение городов. - Текст : электронный // Электронный журнал «5 WATT» : сайт. - 2019. - URL : <https://5watt.ua/blog/stati/umnoe-osveshchenie-gorodov> (дата обращения : 18.11.2022).

УДК 699.8

ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ВНУТРЕННИХ ВЗРЫВОВ

Усольцев В. И., канд. воен. наук, доцент, cafedra2.tvviku@yandex.ru

Журавлев О. Г., преподаватель

Литвинов Д. О., канд. с.-х. наук, преподаватель

г. Тюмень, Тюменское высшее военно-инженерное командное училище

Аннотация. В данной статье рассмотрены средства защиты от взрывов внутри зданий. Описаны строительные конструкции, которые сбрасывают давление взрыва. Приведены исследования по поведению различных конструкций при взрыве. Рассказывается о легкосбрасываемых конструкциях, принципах защитного остекления, предохранительных конструкциях. Даны рекомендации по снижению давления взрыва внутри помещения, в том числе и планировочные мероприятия, и характер материалов внутри помещений.

Ключевые слова: взрыв, защита здания, планировочные и строительные мероприятия.

При строительстве зданий и сооружений проводится учет на действие внешних сил, ветровой нагрузки, например. При возникновении взрыва внутри здания большие нагрузки действуют в обратном направлении.

Специалисты при проектировании взрывустойчивости объектов формируют между конструкциями связи различного характера. Например, конструкция остекления, рассматривается как одна их защитных конструкций, которая снижает давление взрыва и способствует меньшему разрушению объекта.

Кроме остекления, есть еще и другие средства, легкосбрасываемые конструкции, которые быстро освобождают участки зданий во время нарастания давления.

Были проведены соответствующие исследования по «поведению» оконных конструкций при взрыве:

Остекление разрушается постепенно, для эффективной защиты требуется применять стекла большой площади, использование одинарного стекла эффективнее.

У большинства взрывов в здании создается нагрузка в среднем 7-11 атмосфер. Такое давление многократно превышает запас прочности объекта. Такое давление допускать нельзя.

Для снижения давления до безопасного уровня применяются планировочные и строительные мероприятия. Безопасное давление называется - допустимым. Она меньше в несколько сотен раз избыточного давления.

Следовательно, лишнюю энергию необходимо отвести на пределы конструкции. Для этого в ограждающих конструкциях необходимо иметь количество проемов, которые могли бы обеспечить отвод газов, которые изображены на Рис. 1.

Предохранительно-сбросной клапан ПСК-50Н (С)

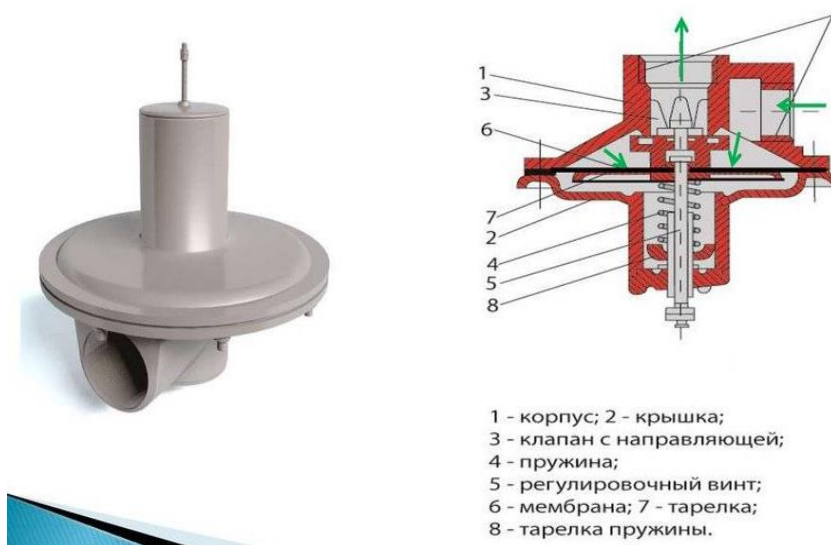


Рис. 1. Сбросные отверстия

Для определения так называемых сбросных отверстий существуют зависимость от многих факторов. Например, коэффициент интенсификации, зависит от турбулизации горения, площадь наружных поверхностей, преград

При обычном давлении, как правило сбросных отверстий нет, они должны легко срабатывать при низких давлениях. Это конструкции, которые делятся на инерционные и безынерционные.

Инерционные легко сбрасываемые конструкции представляют собой плиты из легкого материала.

Существуют плиты. Которые смещаются горизонтально, вертикально и поворачиваются. Для каждого вида конструкции свои уравнения и зависимости. Обычно давления для сбрасывания таких конструкций равно 0,015 – 0,020 атм, которые представлены на Рис. 2.



Рис. 2. Легкосбрасываемые конструкции

Предохранительные конструкции размещают как правило ближе к местам возможного взрыва. Как правило такие конструкции равномерно располагают по длине стене.

Можно пойти по другому пути - повысить прочность и устойчивость конструкций к взрывным нагрузкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальцев В. А. Промышленная безопасность / В. А. Мальцев. - Москва : Высшая школа, 2010. – 128 с. – Текст : непосредственный.
2. Маслеников В. В. Безопасность жизнедеятельности / В. В. Маслеников. – Балашиха : Военно-технический университет, 2012 – 213 с. – Текст : непосредственный.

УДК 504

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛЬНОЙ ОБЪЕЗДНОЙ ДОРОГИ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА

Устинов А. С., ст. преподаватель, smi06@bk.ru
г. Петрозаводск, Петрозаводский государственный университет

Аннотация. Получены результаты интенсивности движения легкого, среднего, тяжелого автотранспорта и автобусов на участке объездной дороги г. Петрозаводска. Представле-

ны средние значения за три дня для каждого типа автотранспорта методом подсчета автомобилей. Приведена оценка качества атмосферного воздуха участка дороги. Показан уровень загрязнения по концентрации оксида углерода для участка выбранной магистральной улицы г. Петрозаводска отработанными газами подвижным автотранспортом.

Ключевые слова: атмосферный воздух, автотранспорт, уровень загрязнения.

Участок лесного проспекта в г. Петрозаводске является одной из самых длинных улиц г. Петрозаводска. Так же проспект является частью первого полукольца – объездной дороги г. Петрозаводска.

Застройка: нечетная сторона – проспект застроен, в основном, многоэтажными домами; четная сторона – на проспекте расположены гипермаркет и торгово-развлекательный центр.

Четная и нечетная стороны разделены между собой защитной полосой. Уклон участка составляет 1-2 градуса.

На основе подсчета интенсивности движения автотранспорта по 20 минут в каждом из интервалов времени в течение суток на протяжении трех дней получены следующие результаты: интенсивность движения легковых автомобилей значительно превышает интенсивность движения других типов автотранспорта (табл. 1).

Таблица 1

Средние расчетные значения интенсивности движения автотранспорта

Интервал времени, час	Автомобиль, ед.				Автомобиль легковой, ед.
	Грузовой легкий	Грузовой средний	Грузовой тяжелый	Автобус	
9.00-9.20	87	30	34	11	635
13.00-13.20	101	35	40	13	736
18.00-18.20	116	40	45	15	842
24.00-0.20	10	3	4	1	70
Среднее, ед.	79	27	30	10	571
Суммарное среднее, ед.	717				

Видно, что наблюдается снижение передвижения автотранспорта в ночное время.

Получаем интенсивность передвижения за час:

$$N = 717 \cdot 3 = 2151 \text{ авто/час.} \quad (1)$$

Здесь 717 – средняя суммарная интенсивность за 20 мин (табл. 1).

Концентрация оксида азота (CO) для участка выбранной магистральной улицы г. Петрозаводска рассчитывается на основе известных методик [1-3] и получается $K_{CO} = 102 \text{ мг/м}^3$.

На основе полученных данных можно сделать следующий вывод: загруженность участка Лесного проспекта г. Петрозаводска, который является частью объездной дороги, всеми типами автотранспорта высокая и составляет в среднем 2151 авто/час.

На основе подсчета интенсивности движения автотранспорта в каждом из интервалов времени в течение суток получены следующие результаты: автомобиль легковой 80%; легкий грузовой 11%; средний грузовой 4%; тяжелый грузовой 4%; автобус 1%.

Получена расчетная концентрация для оксида углерода, которая составляет $K_{CO} = 102 \text{ мг/м}^3$. Данное значение превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) для автотранспорта $K_{CO}^{ПДК} = 5 \text{ мг/м}^3$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологический мониторинг : учебное пособие / Под ред. Т. Я. Ашихминой. – Москва : Академпроект, 2008, – 416 с. – Текст : непосредственный.
2. Якунина И. В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг : учебное пособие / И. В. Якунина, Н. С. Попов. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2009. – 188 с. – Текст : непосредственный.
3. Горшков М. В. Экологический мониторинг : учебное пособие / М. В. Горшков. – Владивосток : Изд-во ТГЭУ, 2010, – 313 с. – Текст : непосредственный.

УДК 57.03

БИОРИТМЫ ЧЕЛОВЕКА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Филиппова Ф. М., канд. хим. наук, доцент, filippova.fm@kgeu.ru

Ахунова И. Р., бакалавр, ilzi2705@mail.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной статье описаны основные биоритмы человека их влияние на работоспособность работников на предприятии. Предложен расчёт биоритмов человека с помощью MS Excel.

Ключевые слова: биоритмы, работоспособность, предприятие.

Жизнь человека, как и все в природе, подвержено влиянию циклических изменений. Успешность каждого вида деятельности в любой момент времени определяется балансом притока и оттока его внутренней энергии.

Такой баланс изменяется в соответствии с циклами биоритмов человека. Биологический ритм – это периодическое повторение изменений биологических процессов, протекающих в организме человека [1]. Биоритмы человека влияют на уровень активности и выносливости, мыслительные и аналитические способности, на иммунитет человека. Биоритмология, в зависимости от того, когда люди просыпаются и ложатся спать, делит их на три группы: «жаворонки», «совы», «голуби» [2]. Также существует три вида биоритмов: физические, эмоциональные и интеллектуальные. Каждый из этих видов влияет на особенность работы на предприятии человека как на длительный срок (около месяца), так и на каждый день. Дни у людей цикличны и в основном пик активности наблюдается с 13:00 до 15:00 [3].

Рассчитать биоритмы может каждый человек, по ним он может определить свою работоспособность в течении месяца. Далее приведен пример расчета биологических ритмов работника умственного труда в MS Excel по трем формулам:

физический цикл: $R_{\phi} = \sin(2\pi(t-t_0)/23)$

эмоциональный цикл: $R_{\varepsilon} = \sin(2\pi(t-t_0)/28)$

интеллектуальный цикл: $R_{\text{и}} = \sin(2\pi(t-t_0)/33)$

где $t-t_0$ это количество дней со дня рождения до определено даты [3]. Значения рассчитываются по математической формуле $=\text{SIN}(\text{число})$.

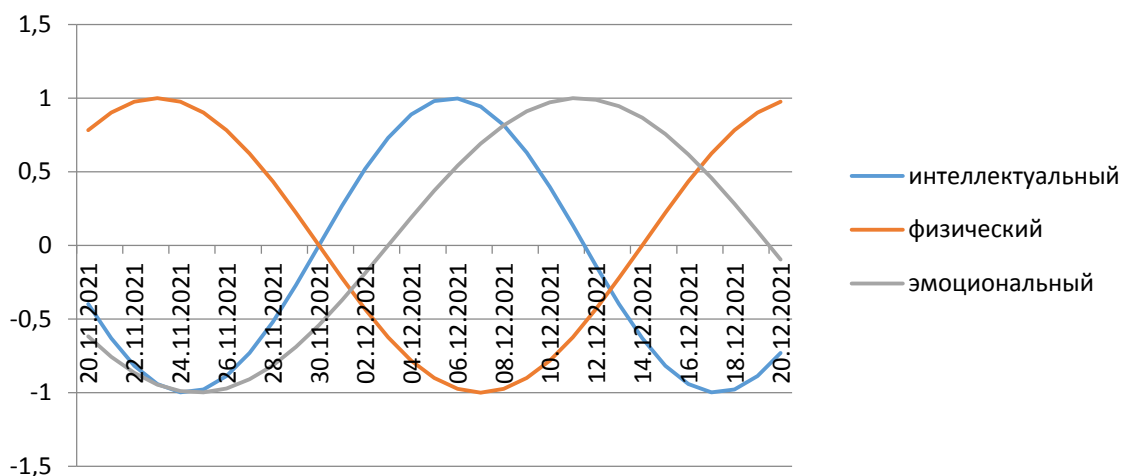


Рис. 1. Построение биоритмов в MS Excel

Рассмотрим интеллектуальную кривую человека с отдела безопасности ИТ компании, его работа в большей части сосредоточена на интеллектуальной активности. Интеллектуальная активность на данный момент является основой экономического роста и развития компаний. По данному примеру мы можем понять, что пик мыслительной активности находится во второй половине месяца, поэтому стоит сосредоточить большую часть работы в этот период времени, а не откладывать работу (см. рисунок).

Каждый из таких ритмов не действует сам по себе, они взаимосвязаны. Если рассмотреть график, то можно заметить, что каждая линия пересекается между собой [4].

Огромные предприятия, сосредоточенные на интеллектуальной работе, такие как сфера IT и коммуникаций, которая занимает 23% от всех сфер деятельности компаний, и сфера производства и инженерии, которая также занимает 15%, могут повлиять на развитие своей организации, если будут рассматривать производительность работников умственного труда. С помощью личных биоритмов люди могут выбирать оптимальные дни и оптимальное время либо для физической подготовки, либо для подготовки к сдаче отчета о проделанной работе.

Исследование показало, что 3 цикла биоритмов не являются ни причиной, ни следствием каких-то событий, это циклы физиологических изменений, которые влияют на умственный труд работника. Знание о биоритмах поможет изменить организацию повседневной интеллектуальной работы, которая несомненно важна в каждой компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волосач А. В. Влияние суточных биоритмов на работоспособность человека / А. В. Волосач, А. О. Лёшин. – Текст: электронный // Актуальные проблемы формирования здорового образа жизни студенческой молодежи. – 2018. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=36624567> (дата обращения: 12.11.2022)

2. Дракина С. А. Значимость биологических ритмов в построении режима дня. / С. А. Дракина, Н. К. Перевощикова. – Текст: электронный // Мать и дитя в Кузбассе. – 2021. – № 2 (85). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/znachimost-biologicheskikh-ritmov-v-postroenii-rezhima-dnya/viewer> (дата обращения: 12.11.2022)

3. Васильева А. А. Биоритмы. Их влияние на здоровье и спортивный результат студентов второго курса. / А. А. Васильева, Т. Г. Коновалова. – Текст: электронный // Студенческий. – 2017. – № 17-2 (17). – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30507162> (дата обращения: 12.11.2022)

4. Дорошенко К. В. Биологические ритмы и их роль в жизни человека / К. В. Дорошенко, Г. Г. Боровик, А. Д. Педько. – Текст: электронный // Студенческий вестник. – 2021. – № 6-2(151). – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=44827667> (дата обращения: 12.11.2022)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Хабибуллина И. И., бакалавр, khabibullinaIlvina@yandex.ru

Пигилова Р. Н., преподаватель, rozapigilova@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В нынешнее время вопрос об экологической безопасности актуален, так как в Российской Федерации развита и продолжает развиваться промышленная деятельность. Целью данной работы является рассмотрение экологической безопасности предприятий, определение её сущности, изучение государственного регулирования безопасности природы и населения, а также экологических рисков предприятий. Теоретико-методологическими базами исследования являются документы, опубликованные на официальных сайтах Российской Федерации и законодательные материалы. Результатом данной работы является определение методов снижения угроз природной среде со стороны предприятий. Необходимо, чтобы промышленные организации вели учёт своей деятельности, а также учитывали в ней и экологические аспекты.

Ключевые слова: экологическая безопасность, предприятие, промышленное предприятие

В настоящее время вопрос об обеспечении экологической безопасности становится одним из главных направлений общегосударственной политики. Ситуации с ведёнными санкциями зарубежными странами в сторону России ведёт к тому, что промышленная сфера Российской Федерации в скором времени начнёт развиваться. Это в свою очередь приведёт к увеличению отрицательного влияния на окружающую нас среду, объёмов выброса в воздушное пространство, почву и водоёмы. В связи с этим, необходимо создать комплекс мероприятий, направленных на снижение негативного влияния на природу или на его устранение.

Согласно источникам, под экологической безопасностью (ЭБ) в рамках промышленных предприятий понимается состояние производственной работы, которое исключает появление угроз для природной среды и человека, отвечающее потребностям людей, не нанося вред и не неся опасность их состоянию здоровья [1].

Раскрывая суть определения, можно заметить выявление источника, подвергающего опасности экологию – производственные работы, а также выделение того, что результаты деятельности предприятия должны быть ориентированы на потребности людей. То есть, чтобы сократить воздействие на окружающую среду необходимо совершенствовать процессы производства продукции, а не прекращать деятельность по выпуску товара [1].

ЭБ регулируется не только людьми, но и нормативно-правовыми актами. Они предусматривают обеспечение благоприятных условий для жизнедеятельности, использование эффективных технологий для обработки отходов, максимальное использование природных ресурсов и сырья, а также

безопасное и своевременное уничтожение отходов. Все перечисленные меры помогают обеспечить население страны чистым воздухом, плодородными землями и водой без примесей [2].

Важно упомянуть об промышленных экологических рисках. Они могут возникнуть в результате эксплуатации оборудования и работы различных объектов предприятия. Для природы такие случаи грозят уничтожением лесов, загрязнением воды, воздуха, земли. От промышленных рисков также страдает и биосфера. Возможна угроза жизни и здоровью человека, в следствии чего увеличивается количество заболевших граждан, а также смертность.

Для предотвращения негативного влияния на природу организациям следует создать экоменеджмент. Необходимо, чтобы менеджеры в сфере экологии при выполнении своих прямых обязанностей учитывали следующие пункты:

1. выпуск экологически чистой продукции
2. использование экологически безопасной технологии
3. использование экологически чистых технологий
4. ведение экологического анализа работы предприятия [3].

Все вышеперечисленные пункты ведут к снижению угрозы природной среде со стороны предприятий. Важно, чтобы все промышленные организации соблюдали нормы, предписанные законом, а также вели отчёт своей работы, ориентируясь в первую очередь на обеспечение безопасности как природы, так и людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елкина Л. Г. Управление экологической безопасностью: принципы, способы и формы организации на предприятии / Л. Г. Елкина, Р. Р. Набиуллина. – Текст : непосредственный // Вестник УГАТУ. – 2009. – № 3. – С. 48-56.

2. Лебедева Н. А. Проблемы эффективного функционирования систем экологической безопасности на промышленных предприятиях / Н. А. Лебедева, С. С. Свежинцев, О. Н. Качанова. – Текст : непосредственный // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 8. – С. 213-222.

3. Илякова И. Е. Оценка экологических последствий хозяйственной деятельности промышленного предприятия в контексте концепции экономической безопасности / И. Е. Илякова. – Текст : непосредственный // Контентус. – 2019. – № 9. – С. 89-98.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СЕЙСМОУСТОЙЧИВОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Чепур П. В.¹, канд. техн. наук, доцент, chepur@me.com

Колядко А. А.², канд. техн. наук, доцент, koljadkooa@tyuiu.ru

¹г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

²г. Сургут, Сургутский институт нефти и газа (филиал ТИУ)

Аннотация. Актуальность работы подтверждается развитием инфраструктуры объектов магистрального транспорта (и хранения) нефти и газа на территориях, подверженных сейсмическим возмущениям. Цель исследования – обзор подходов, методов, позволяющих повысить надежность объектов хранения нефти, располагаемых в сейсмоопасных зонах. В работе использованы методы численного моделирования (метод конечных элементов), а также экспериментальные методы. Результатом работы является оценка поведения конструкции и реакции конструкции резервуаров с гибкими тонкими стенками, подверженных сейсмическому воздействию

Ключевые слова: модель, сейсмоустойчивость, демпфирование, землетрясение, демпфер, ANSYS.

Растущая потребность в удовлетворении потребностей нефтяной промышленности потребовала оценки и модернизации существующих сооружений и строительства новых резервуаров для хранения и распределения нефтепродуктов (рисунок 1).



Рис. 1. Резервуар РВС-20000

Известны случаи повреждений в результате сейсмических воздействий в прошлом в незакрепленных надземных резервуарах-хранилищах. Такие повреждения дислоцировались в основном у основания фундамента и на стенках. Всего можно четыре общих группы повреждений.

а) Выпучивание днища резервуаров, где возникают максимальные осевые сжимающие напряжения из-за опрокидывающего момента. В этой зоне возникают коробления пластин с длительными деформациями по форме «слоновья ступня».

б) Повреждение кровли в зоне сопряжения с кольцом жесткости и внутренних опорных стоек из-за выплескивания жидкости.

в) Повреждение технологических трубопроводов.

г) Повреждения вследствие разрушения фундаментного кольца.

Как известно, разработки и ранние исследования динамического и сейсмического поведения резервуаров рассматривались с точки зрения гипотезы жесткой стенки. Эта гипотеза рассматривалась в материалах Хауснера [1], однако материалы экспериментов и последующие исследования показали, что гибкость стенок резервуаров имеет важное влияние на сейсмический отклик. Это видно из мультимодальных форм и динамических напряжений, значения которых больше, чем у жестких резервуаров. Цель этой работы состоит в том, чтобы показать с помощью численного анализа взаимодействия жидкости с элементами РВС, поведение конструкции резервуаров этого типа с гибкими стенками, что соответствуют реальным структурам, выбранным для этого исследования.

Выбранные конструкции являются типичными конструкциями, используемыми в нефтяной промышленности; поэтому были использованы реальные значения геометрических и механических свойств. 3D модель сооружения разбивается на мелкую сетку, состоящую из элементов-оболочек и жидкости, а затем с учетом нагрузок и граничных условий анализируется с применением метода конечных элементов (МКЭ). Учитывается различная толщина листов стенки каждого пояса, а также изучена гибкость оболочки стенки и эффект выплескивания, создаваемый динамическим взаимодействием жидкости и стенки. Стенки цилиндрических оболочек рассматриваются как тонкие криволинейные поверхности с упругим поведением. Узлы соединения подвергается вибрациям из-за сейсмических воздействий. Сейсмическое поведение этих структур изучается как взаимодействие «структуры – флюида». Настоящее исследование основано на численном моделировании системы флюид-структура с применением МКЭ-анализа на основе компьютерной программы ANSYS 2020 R2.

Для изучения сейсмического поведения стенок оболочки и основания резервуаров в качестве элемента оболочки используется элемент, хорошо подходящий для учета мембранных и изгибающих воздействий, позволяющий прикладывать к внутренней поверхности нормальные давления, нормальные нагрузки в ее плоскости. Этот элемент включает в себя в законе поведения материала способность к упрочнению и геометрическую нелинейность, учитывающую большие деформации. Был проведен динамический анализ для случая опорожненного резервуара; одной из целей была калибровка численного анализа МКЭ по сравнению с классической

теорией тонких цилиндрических оболочек. Динамические характеристики, такие как собственные периоды, частоты и модальные формы, были рассчитаны с помощью теоретического подхода для цилиндрических оболочечных конструкций с учетом обозначенных различных граничных условий [2]. Сейсмический анализ был выполнен с использованием записи сейсмического отклика реального землетрясения. Продольная составляющая этого регистра применялась в основании конструкций, в горизонтальном направлении x . Из полученных результатов моделей взаимодействия жидкости с конструкцией с выбранной сейсмической записью для различных граничных условий на дне резервуара; наблюдается, что во всех случаях при горизонтальном возбуждении конструкций возникает мода, связанная с эффектом выплескивания, одновременно с максимальной радиальной деформацией на стенках оболочки в моде один (слоновья нога), в окрестности к основанию резервуара. Выявляется также модальная конфигурация по всей поверхности оболочек, деформация на подкрепленных кольцах и вздыбливание основания за счет опрокидывающего момента [3].

Общее поведение, наблюдаемое во всех случаях, показывает, что при малом диаметре D опрокидывающий момент увеличивается и вызывает значительный подъемный эффект у основания резервуара, а эффект выплескивания жидкости на свободную поверхность превышает высоту РВС. Вследствие такого поведения увеличиваются осевые напряжения при растяжении и сжатии, которые могут вызвать повреждение тонких стенок резервуаров. Наконец, когда резервуар подвергается горизонтальному возбуждению со стороны грунта, инерционные эффекты взаимодействия жидкости с конструкцией вызывают изменение величины и распределения гидродинамического давления, оказываемого жидкостью на стенку. Это распределение давления зависит от характеристик входного возбуждения, геометрических характеристик (тонкие стенки) и фундаментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hernandez-Hernandez D. Influence of base plate bending stiffness on the seismic performance of liquid storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 330. – P. 170–175.
2. Тарасенко А. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование метода полного подъема РВС-20000 для ремонта основания и фундамента / А. А. Тарасенко, П. В. Чепур, С. В. Чирков. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 3. – С. 123-125.
3. Hernandez-Hernandez D. Evaluation of the adequacy of a spring-mass model in analyses of liquid sloshing in anchored storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Earthquake Engineering and Structural Dynamics. - 2021. - Article № 112775.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОПОРЫ-ДЕМПФЕРА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ТОПЛИВНО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Чепур П. В.¹, канд. техн. наук, доцент, chepur@me.com

Колядко А. А.², канд. техн. наук, доцент, koljadkoaa@tyuiu.ru

¹г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

²г. Сургут, Сургутский институт нефти и газа (филиал ТИУ)

Аннотация. Актуальность работы подтверждается развитием инфраструктуры объектов магистрального транспорта (и хранения) нефти и газа на территориях, подверженных сейсмическим возмущениям. Цель исследования – продолжить внедрение научно-технических решений, позволяющих предотвращать соответствующие техногенные аварии и катастрофы и минимизировать их последствия. В работе использованы методы численного моделирования (метод конечных элементов), а также экспериментальные методы. Результатом работы является концептуальная модель демпфирующей вставки для повышения сейсмоустойчивости сооружений.

Ключевые слова: модель, сейсмоустойчивость, демпфирование, землетрясение, демпфер.

Объекты крупнотоннажного хранения нефти и газа являются критически важными в обеспечении энергобезопасности регионов и государств [1-3]. В случае чрезвычайных ситуаций и сбоев поставок быстрое заполнение резервуарных объектов соответствующим продуктом может занимать значительный период времени, порой недостаточный для обеспечения нормальной деятельности соответствующих промышленных и гражданских объектов. Одним из способов повысить эксплуатационную безопасность объектов хранения нефти и газа в регионах и на территориях с повышенной сейсмической активностью является разработка специальных устройств, снижающих силовое волнообразное воздействия на соответствующие инфраструктурные объекты.

Существует множество развитых международных лабораторий, где проводятся практические эксперименты направленные на оптимизацию работы демпфирующих опор, на проверку механических характеристик и выявление особенностей рассеивания энергии. Имеются экспериментальные результаты, свидетельствующие о то, что в одном из практических экспериментов большая демпфирующая опора диаметром 1,3 м, оказалась способной выдерживать вертикальную нагрузку около 2000 тонн и деформацию до 400% (рисунок 1).



Рис. 1. Испытания демпфирующей опоры с величиной упругой деформации 400%

В настоящей работе представляется концепция демпфирующей опоры-вставки, которая за счет взаимодействия внешнего резинового упрочненного кожуха, горизонтально расположенных внутри кожуха пластин (металлических и резиноканевых, располагающихся поочередно) и стального сердечника, позволяют гасить механические колебания от основания сооружения в случае землетрясения.

На рисунке 2 представлена соответствующая модель демпфирующей опоры, состоящей конструктивно из стальной крышки, стального сердечника, чередующихся стальных и демпфирующих резиновых пластин, а также высокопрочного кожуха из эластомера.

Изготовление сейсмоизолирующих опор является не сложной технологической задачей, но требует апробированной технологии для формирования смеси резины в соответствии с требуемыми спецификациями и стандартами, так как резина является основным материалом для рассеивания сейсмической энергии.

Стальная форма должна быть достаточно прочной, чтобы противостоять силе давления, приложенной к изолятору, чтобы обеспечить полную вулканизацию.

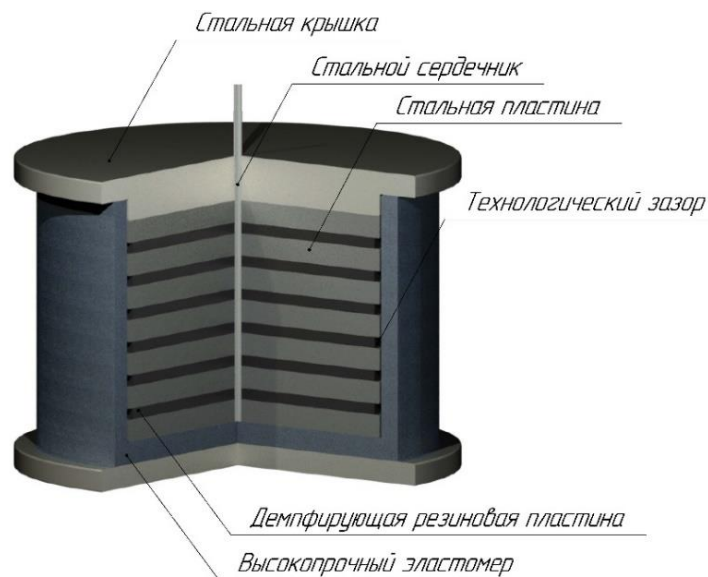


Рис. 2. Концептуальная модель демпфирующей опоры для повышения сейсмостойчивости защищаемого сооружения

Процесс склеивания резиновых слоев со стальными слоями должен быть полным и очень прочным, чтобы выдерживать высокие напряжения сдвига. Существует еще один способ производства резины, который называется впрыском резины, при котором жидкая резина впрыскивается в форму с помощью специальных машин.

Настоящая демпфирующая опора, представленная в статье, может иметь модульную конструкцию и располагаться в блоке с 2-9 представленными опорами. По результатам конструкторских уточняющих расчетов также предполагается варьировать высоту, диаметр и количество демпфирующих пластин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tarasenko A. A. Using linear spectral method when calculating seismic resistance of large-capacity vertical steel tanks / A. A. Tarasenko, P. V. Chepur, A. A. Gruchenkova. – Direct text // MATEC Web of Conferences. – 2016. – Article № 01018.
2. Hernandez-Hernandez D. Influence of base plate bending stiffness on the seismic performance of liquid storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 330. – P. 170–175.
3. Hernandez-Hernandez D. Evaluation of the adequacy of a spring-mass model in analyses of liquid sloshing in anchored storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Earthquake Engineering and Structural Dynamics. - 2021. - Article № 112775.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСНОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИИ РЕЗЕРВУАРА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Чепур П. В.¹, канд. техн. наук, доцент, chepur@me.com

Колядко А. А.², канд. техн. наук, доцент, koljadkoaa@tyuiu.ru

¹Г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

²Г. Сургут, Сургутский институт нефти и газа (филиал ТИУ)

Аннотация. Актуальность работы подтверждается развитием инфраструктуры объектов магистрального транспорта (и хранения) нефти и газа на территориях, подверженных сейсмическим возмущениям. Цель исследования – обзор подходов, методов, позволяющих повысить надежность объектов хранения нефти, располагаемых в сейсмоопасных зонах. В работе использованы различные методы анализа. Результатом работы является оценка поведения конструкции и реакции конструкции резервуаров, подверженных сейсмическому воздействию.

Ключевые слова: сейсмоустойчивость, землетрясение, демпфер, ANSYS.

Наблюдения после землетрясения свидетельствуют о том, что выплескивание поверхности воды может привести к опусканию плавающей крыши и вызвать нестабильность стенки резервуара. Физические эксперименты по реакции резервуара на динамические нагрузки показали, что выплескивание имеет тенденцию превращать реакцию верхних слоев жидкости в хаотическое движение даже при небольших смещениях резервуара. Чтобы найти решение и избежать повреждения стенки резервуара для хранения, проектировщик должен понимать взаимодействие между жидкостью и стенкой резервуара, включая возможные последствия определенных типов выплескивания. В качестве попытки упростить реакцию системы «резервуар-жидкость» процедуры, рекомендованные руководствами по сейсмическому проектированию резервуаров, основаны на квазистатическом анализе с использованием модели упругой массы. Модель предполагает, что реакция резервуара может быть представлена двумя различными режимами вибрации, т. е. конвективной и импульсивной. Конвективный режим представляет собой выплескивание жидкости, а импульсный режим соответствует части жидкости, которая движется вместе со стенкой резервуара. Тем не менее, FSI может стать трудным для аппроксимации с использованием модели массы пружины из-за присущего нелинейного поведения выплескивания. Нелинейное поведение сильно зависит от соотношения сторон, характеристик возбуждения и гибкости поддерживающей среды. В частично заполненных цилиндрических резервуарах-хранилищах были

идентифицированы три основных типа выплескивания, т. е. плоские, неплоские и хаотические, как показано на рис. 1. Первый вариант связан с небольшими колебаниями, когда свободная поверхность остается плоской, см. рис. 1 (а). Второй вариант соответствует более высоким высотам выплескивания, чем в случае малых колебаний, и свободная поверхность неплоская, см. рис. 1 (б). Третий вариант относится к резким изменениям скорости во времени, что приводит к хаотическому движению, см. рис. 1 (в).

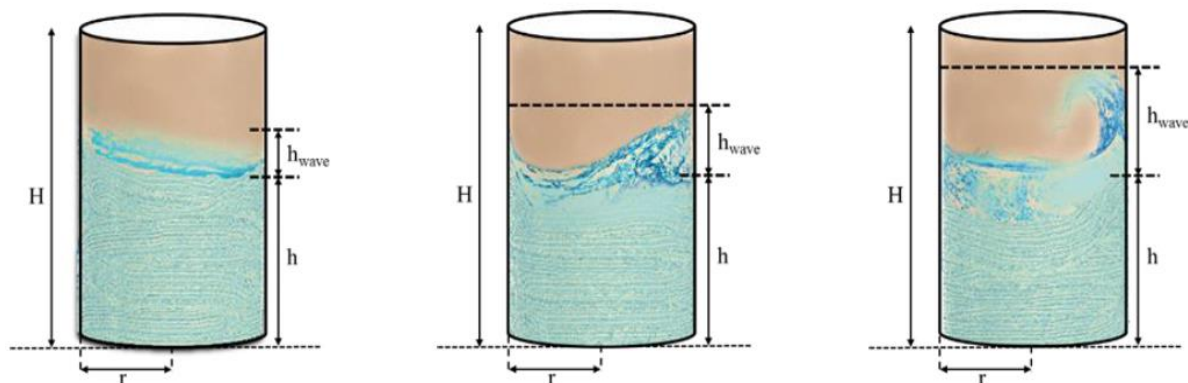


Рис. 1. Общие схемы выплескивания в вертикальных цилиндрических резервуарах. Плоский (а); неплоский (б); хаотический (в)

Сильное возбуждение можно определить как нагрузку, приводящую к плесканию, которое включает переход от плоского к неплоскому, или, в конечном счете, к хаотическому движению жидкости, т.е. к разрыву поверхности жидкости. При слабых возбуждениях модель пружинных масс может дать относительно точные результаты для конструкции резервуара.

Физические препятствия, используемые в качестве барьера, были реализованы для сохранения плоскостной схемы выплескивания, например, жесткие и гибкие перегородки в горизонтальной и вертикальной плоскостях, плавающие крыши. Кольцеобразная перегородка снижает реакцию системы «резервуар-вода» на максимальное усилие сдвига и опрокидывающий момент резервуара. Подчеркивается, что перегородка должна располагаться как можно ближе к поверхности жидкости, что превращает перегородку в подобие жесткой крышки.

Подвешенная кольцеобразная перегородка уменьшает максимальную высоту выплескивания, но не влияет на частоты конвективной моды. Если нижняя часть внутреннего цилиндра погружена достаточно глубоко, свободная поверхность может быть разделена на две независимые области, что приведет к уменьшению амплитуды выплескивания. Плавающие кры-

ши и понтоны значительно изменяют динамические характеристики системы резервуар-жидкость. Плавающая крыша уменьшает высоту выплескивания, но может увеличить напряжение на стенках резервуара. Согласно некоторым численным анализам, первая конвективная частота одинакова при наличии плавающей крышки и без нее. Следовательно, при динамическом анализе с использованием модели пружинных масс наличие плавающей крышки обычно игнорируется. Мотивация этого тезиса состоит в том, чтобы оценить применимость модели пружинной массы, включающей как плавающую крышку, так и подъем. Насколько известно автору, отсутствуют экспериментальные данные, устанавливающие случаи, когда комбинированное влияние выплескивания и подъемной силы на реакцию резервуара можно игнорировать. Как упоминалось ранее, выплескивание может привести к деформированию крышки резервуара при подъеме, соединении между резервуаром и соседними трубопроводами.

При сильном возбуждении картина выплескивания может трансформироваться из плоской в неплоскую, при этом поверхность жидкости может отреагировать созданием значительной высоты выплескивания, что может привести к хаотическому выплескиванию.

Хаотическое выплескивание увеличивает величину напряжения в плавающей крыше и напряжение в стенке резервуара. Неплоское выплескивание, которое со временем переходит в хаотическое выплескивание, наблюдаемое в круглых и прямоугольных сосудах, является вращательным выплескиванием, т. е. при вращении жидкости. Вращательное выплескивание происходит, когда частота приложенной боковой гармонической силы близка к самой низкой частоте системы резервуар-вода

Существует связь между движением жидкости в направлениях, как параллельных, так и перпендикулярных направлению возбуждения. Для целей проектирования вращательное выплескивание создает поперечно-осевую силу в направлении, горизонтально перпендикулярном возбуждению, которым нельзя пренебречь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасенко А. А. Закономерности деформирования металлоконструкций крупногабаритного вертикального сварного резервуара при наличии зон проседания основания / А. А. Тарасенко, А. А. Грученкова, П. В. Чепур. – Текст : непосредственный // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2016. – № 1 (53). – С. 32-37.

2. Hernandez-Hernandez D. Influence of base plate bending stiffness on the seismic performance of liquid storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 330. – P. 170–175.

3. Hernandez-Hernandez D. Evaluation of the adequacy of a spring-mass model in analyses of liquid sloshing in anchored storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Earthquake Engineering and Structural Dynamics. - 2021. - Article № 112775.

УДК 621.642.39.03

РЕАКЦИЯ СИСТЕМЫ «РЕЗЕРВУАР-ЖИДКОСТЬ» ПРИ РОТАЦИОННОМ ВЫПЛЕСКИВАНИИ

Чепур П. В.¹, канд. техн. наук, доцент, chepur@me.com

Колядко А. А.², канд. техн. наук, доцент, koljadkooa@tyuiu.ru

¹г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

²г. Сургут, Сургутский институт нефти и газа (филиал ТИУ)

Аннотация. Актуальность работы подтверждается развитием инфраструктуры объектов магистрального транспорта (и хранения) нефти и газа на территориях, подверженных сейсмическим возмущениям. Цель исследования – обзор подходов, методов, позволяющих повысить надежность объектов хранения нефти, располагаемых в сейсмоопасных зонах. В работе использованы различные методы анализа. Результатом работы является оценка поведения конструкции и реакции конструкции резервуаров, подверженных сейсмическому воздействию.

Ключевые слова: сейсмоустойчивость, землетрясение, демпфер, ANSYS.

Для исследования ротационного выплескивания жидкости из цилиндрического вертикального резервуара при сейсмическом воздействии использовалась уменьшенная натурная модель из линейного полиэтилена низкой плотности на жестком основании без закрепления. Резервуар заполняли водой таким образом, чтобы соотношение сторон равнялось двум, т. е. $h = 450$ мм. Такое соотношение сторон было выбрано потому, что расстояние по вертикали от линии воды до верха резервуара достаточно велико, чтобы выплескивание могло свободно развиваться. Резервуар был без крыши и без анкеровки, т. е. мог отрываться от поверхности. Однако в данной работе не учитывалось влияния подъемной силы на развитие напряжений. Плавающая крышка использовалась в качестве барьера для ограничения вращательного выплескивания.

Серия из девяти одиночных гармонических возбуждений, т.е. синусоидальных возбуждений, применялась с использованием вибростенда. Эти возбуждения охватывали небольшую полосу частот по обе стороны от первой частоты свободных колебаний системы резервуар-вода без крышки (1,41 Гц). В таблице 1 показаны свойства синусоидальных возбуждений. Комбина-

ция амплитуды 3 мм и частоты 1,41 Гц была удачной для наблюдения вращательного выплескивания.

Таблица 1

Влияние вращательного выплескивания на динамическую реакцию резервуаров

№ воздействия	Частота (Гц)	Амплитуда, мм	Ускорение (мм/с^2)
1	1,34	3,32	5,96
2	1,36	3,22	
3	1,38	3,13	
4	1,40	3,04	
5	1,41	3,00	
6	1,42	2,96	
7	1,44	2,88	
8	1,46	2,80	
9	1,48	2,72	

Чтобы реакция системы «резервуар-вода» зависела только от частоты синусоидального возбуждения, для всех возбуждений была установлена постоянная амплитуда ускорения $5,96 \text{ мм/с}^2$. Вращательное выплескивание наблюдалось во всех экспериментах. На рис. 1 показана история плавающего белого шарика, которая использовалась для отслеживания временной истории вращательного смещения частицы на поверхности воды.

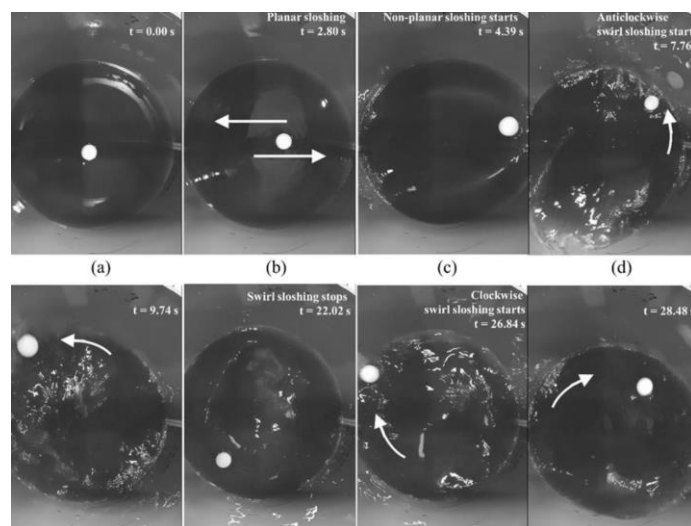


Рис. 1. Последовательность вращательного выплескивания при частоте возбуждения 1,41 Гц

Шарик использовался гладкой формы и был достаточно легким, что обеспечило минимальное сопротивление вращению. Вода была смешана с красным красителем, чтобы уменьшить отражение света от крышки лаборатории. Картина, показанная на рис. 1, имела место, когда синусои-

дальное возбуждение имело частоту 1,41 Гц. Выплескивание было плоским, пока поверхность воды не разорвалась из-за накопления энергии, вызванной гармоническим возбуждением. Ссылаясь на рисунок 1, значение энергии находилось в зоне либраций, т. е. функция энергии находилась в пределах $-1 < E \leq 1$. Несмотря на то, что частота и амплитуда возбуждения были постоянными в течение эксперимента, высота выплескивания со временем увеличивалась. Плоское выплескивание стало неплоским, см. рис. 1 (этап 3). Чрезмерная энергия, вызванная возбуждением, заставляла жидкость вращаться против часовой стрелки, см. рис. 1 (этапы 4-5). Было замечено, что направление вращения для всех рассмотренных возбуждений сначала было против часовой стрелки. Когда началось вращение воды, функция энергии должна находиться в зоне вращения, т. е. $E > 1$. Следовательно, вращательное выплескивание стало еще больше, что свидетельствует о том, что угловая скорость ν увеличивалась до тех пор, пока выплескивание не стало неустойчивым. Взаимодействие между жидкостью и стенкой резервуара приводило к изменению фазы вибрации системы «резервуар-вода». Система достигла точки, называемой неустойчивой неподвижной точкой. В связи с изменением фазы частоты собственных колебаний системы «резервуар-вода» были скорректированы, т. е. не были такими, как показано в таблице 1. Следовательно, угловая скорость начала уменьшаться. Угловая скорость воды уменьшалась до полной остановки движения на несколько секунд, см. рис. 1 (этап 6). Энергетическая функция достигла зоны либраций и в итоге достигла состояния равновесия, т.е. энергетическая функция была $E = -1$, т.е. состояние нулевой вращательной энергии. Оказавшись в состоянии, аналогичном исходному, т. е. жидкость не двигалась, система восстановила частоты свободных колебаний. Следовательно, вращательное выплескивание началось снова, потому что движение вибростенда не прекратилось. Однако из-за изменения фазы вращение происходило на противоположной стороне U-образной трубки. Следовательно, направление вращения было по часовой стрелке, см. рис. 1 (этапы 7-8). Выяснилось, что только при возбуждении частотой 1,34 Гц и 1,48 Гц изменения направления вращения не происходило.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасенко А. А. Закономерности деформирования металлоконструкций крупногабаритного вертикального сварного резервуара при наличии зон проседания основания / А. А. Тарасенко, А. А. Грученкова, П. В. Чепур. – Текст : непосредственный // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2016. – № 1 (53). – С. 32-37.
2. Hernandez-Hernandez D. Influence of base plate bending stiffness on the seismic performance of liquid storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 330. – P. 170–175.

3. Hernandez-Hernandez D. Evaluation of the adequacy of a spring-mass model in analyses of liquid sloshing in anchored storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Earthquake Engineering and Structural Dynamics. - 2021. - Article № 112775.

УДК 621.642.39.03

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ОТКЛИК РЕЗЕРВУАРА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ОСНОВАНИЯ, ХРАНИМОГО ПРОДУКТА И КОНСТРУКЦИИ

Чепур П. В.¹, канд. техн. наук, доцент, chepur@me.com

Колядко А. А.², канд. техн. наук, доцент, koljadkoaa@tyuiu.ru

¹Г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

²Г. Сургут, Сургутский институт нефти и газа (филиал ТИУ)

Аннотация. Актуальность работы подтверждается развитием инфраструктуры объектов магистрального транспорта (и хранения) нефти и газа на территориях, подверженных сейсмическим возмущениям. Цель исследования – обзор подходов, методов, позволяющих повысить надежность объектов хранения нефти, располагаемых в сейсмоопасных зонах. В работе использованы различные методы анализа. Результатом работы является оценка поведения конструкции и реакции конструкции резервуаров, подверженных сейсмическому воздействию.

Ключевые слова: сейсмоустойчивость, землетрясение, демпфер, ANSYS.

Резервуары для хранения жидкости обычно строятся на слабом сжимаемом грунте и с низкой прочностью на сдвиг из-за их близости к бережьям и рекам.

При сильных землетрясениях состояние грунта предполагает существенное взаимодействие системы «грунт-конструкция» (рисунок 1).

Существуют как экспериментальные натурные, так и численные исследования, позволяющие проанализировать системы «грунт-конструкция», но мнения различных специалистов расходятся по некоторым критическим характеристикам взаимодействия. В некоторых исследованиях, например, утверждается, что величина отклика снижается по сравнению с тем, когда резервуар помещается на жесткую опору (в отличие от демпфирующей – податливой, рисунок 2).



Рис. 1. Последствия сейсмического воздействия на объекты крупнотоннажного хранения – вертикальные стальные резервуара



Рис. 2. Специальная демпфирующая опора системы «грунт-конструкция»

Сокращение исходит из предположения, что чем мягче основание, тем меньше энергии передается системе «резервуар-жидкость». Однако впоследствии было установлено, что снижение усилия зависит от свойств грунта и резервуара, в основном за счет изменения частот колебаний системы «резервуар-жидкость-грунт».

Если доминирующая частота системы «резервуар-жидкость-грунт» находится вблизи доминирующей частоты возбуждения, происходит усиление отклика в зависимости от соотношения сторон.

Усиление отклика системы «резервуар-жидкость» может быть связано со скоростью поперечной волны и толщиной грунта на участке. Следовательно, на этапе проектирования предположение о жесткой опоре не всегда гарантирует получение гарантированных результатов.

В отличие от огромного количества численных исследований в литературе, сообщалось лишь об ограниченных экспериментальных исследованиях, посвященных влиянию взаимодействия системы «резервуар-грунт» на реакцию резервуара. Был исследован сейсмический отклик алюминиевого резервуара с отношением высоты к радиусу $h/r=0,8$, помещенный на резиновый демпфер, который представлял собой мягкое основание. Результаты показали, что гибкая опорная среда увеличивает реакцию резервуара с точки зрения максимальных напряжений стенки, подъема и смещения по сравнению с тем, когда резервуар находится на жесткой опорной среде.

Можно сделать вывод, что конвективные частоты системы «резервуар-жидкость» не могут быть отождествлены с соотношением верхней и нижней амплитуд Фурье-спектров записей ускорения.

Несмотря на хорошо задокументированные экспериментальные и численные исследования, касающиеся взаимодействия основания и конструкции резервуара, существует пробел в теории об одновременном воздействии подъемной силы, гибкости несущей среды, выплескивания и наличия понтона на возникновение напряжений в стенке резервуара во время сейсмического воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасенко А. А. Закономерности деформирования металлоконструкций крупногабаритного вертикального сварного резервуара при наличии зон проседания основания / А. А. Тарасенко, А. А. Грученкова, П. В. Чепур. – Текст : непосредственный // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2016. – № 1 (53). – С. 32-37.

2. Hernandez-Hernandez D. Influence of base plate bending stiffness on the seismic performance of liquid storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 330. – P. 170–175.

3. Hernandez-Hernandez D. Evaluation of the adequacy of a spring-mass model in analyses of liquid sloshing in anchored storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Earthquake Engineering and Structural Dynamics. - 2021. - Article № 112775.

ЭФФЕКТ ВЫПЛЕСКИВАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА РЕЗЕРВУАР ДЛЯ ХРАНЕНИЯ

Чепур П. В.¹, канд. техн. наук, доцент, chepur@me.com

Колядко А. А.², канд. техн. наук, доцент, koljadkooa@tyuiu.ru

¹Г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

²Г. Сургут, Сургутский институт нефти и газа (филиал ТИУ)

Аннотация. Актуальность работы подтверждается развитием инфраструктуры объектов магистрального транспорта (и хранения) нефти и газа на территориях, подверженных сейсмическим возмущениям. Цель исследования – обзор подходов, методов, позволяющих повысить надежность объектов хранения нефти, располагаемых в сейсмоопасных зонах. В работе использованы различные методы анализа. Результатом работы является оценка поведения конструкции и реакции конструкции резервуаров, подверженных сейсмическому воздействию.

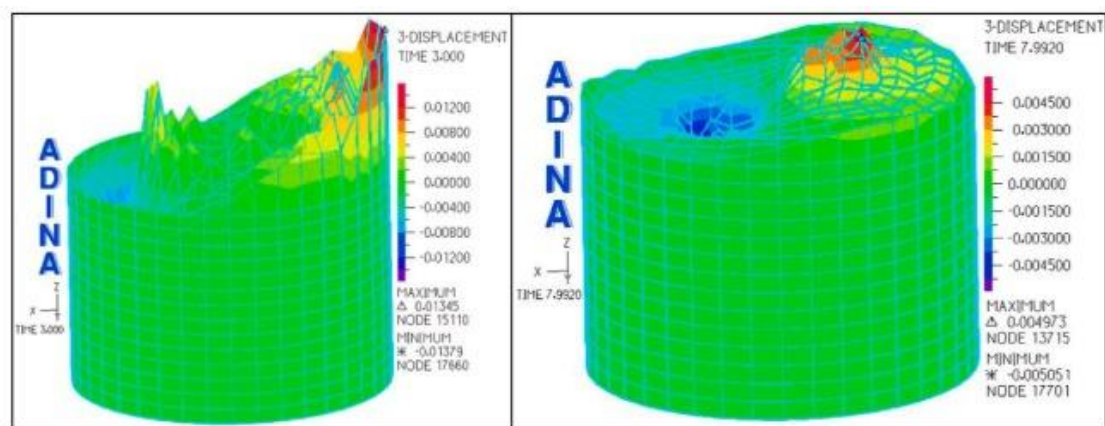
Ключевые слова: сейсмоустойчивость, землетрясение, демпфер, ANSYS.

Если картина выплескивания изменяется от плоской к неплоской, поверхность жидкости может отреагировать, создавая значительную высоту колебаний жидкости, что может привести к хаотической картине выплескивания. Неплоское выплескивание, которое в конечном итоге трансформируется в хаотическое выплескивание, наблюдаемое в круглых и прямоугольных емкостях, является катализатором, приводящим к обычному вращательному выплескиванию. Вращательное выплескивание происходит, когда частота приложенной боковой гармонической силы близка к самой низкой частоте системы резервуар-жидкость.

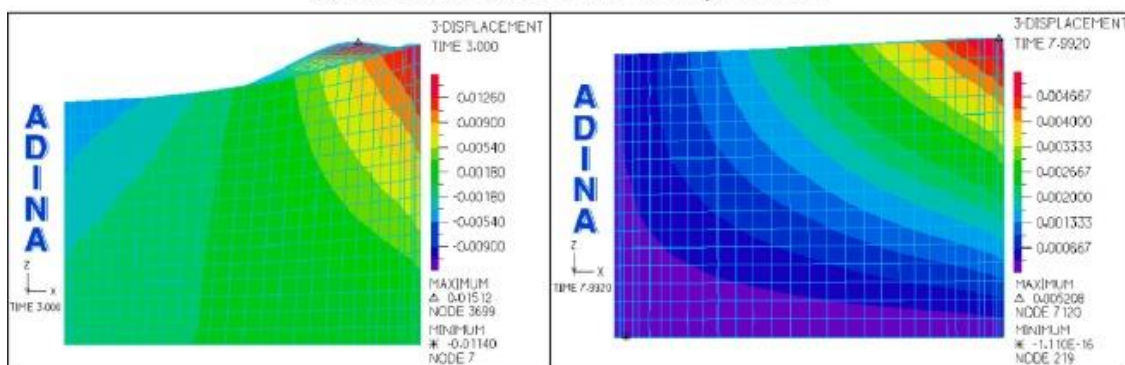
Существует связь между движением жидкости в направлениях, как параллельных, так и перпендикулярных направлению возбуждения. Изученные эффекты сцепления позволяют делать выводы о том, что вращательное выплескивание создает поперечно-осевую силу в направлении, горизонтально перпендикулярном возбуждению, которым нельзя пренебречь при проектировании резервуара. Мнения относительно причин вращательного выплескивания разделились. С одной стороны, вращение центра тяжести системы емкость-жидкость может вызвать угловой момент, создав вращение на жидкие частицы. С другой стороны, высокие моды вибрации стенки резервуара в осевом и окружном направлениях, могут вызывать вращательное выплескивание (рисунок 1).

В окружном направлении стенка резервуара может вибрировать двумя асимметричными модами, которые по окружности сдвинуты по фазе на 90 градусов друг к другу. Таким образом, окружная мода, возбуждаемая гармонической внешней силой, содержит так называемую возбуждающую моду и сопутствующую моду. Возбуждающая и сопутствующие моды

стенки резервуара могут возникать одновременно. Обычно это происходит, когда частота гармонического возбуждения близка к самой низкой собственной частоте системы резервуар-жидкость и комбинированные колебания проявляются как «бегущая волна».



(a) Potential-Based Fluid theory method



(b) Bidirectional coupling method

Рис. 1. Пример моделирования процесса вращательного выплескивания продукта резервуара при сейсмическом воздействии

Однако неясно, является ли вращательное выплескивание причиной или следствием одновременного возникновения двух асимметричных режимов. Другой возможной причиной вращательного выплескивания является явление, называемое вторичным (внутренним) резонансом. Когда система резервуар-жидкость возбуждается гармонической нагрузкой с основной частотой системы, возбужденная жидкость впоследствии будет возбуждать систему. Возбужденная жидкость может иметь значительный вклад в реакцию системы резервуар-жидкость. Численные результаты, представленные в различных трудах, подтвердили, что вклад второй конвективной моды в развитие осевого напряжения никогда нельзя игнорировать.

Следовательно, необходимо несколько более высоких мод, чтобы адекватно отразить характеристики вращательного выплескивания. Однако почему через некоторое время вращательное выплескивание меняет направ-

ление вращения, до сих пор не ясно. Насколько известно авторам, нет экспериментальных данных о влиянии вращательного выплескивания на реакцию резервуара и возникновение так называемых дыхательных вибраций.

Цель дальнейших исследований состоит в том, чтобы экспериментально выяснить влияние вращательного выплескивания на динамическую характеристику резервуара-накопителя, частично заполненного продуктом. Отслеживаемая и интерпретируемая динамическая реакция включает в себя развитие как осевой, так и кольцевой деформации в стенке резервуара, а также ускорение в нижней, средней и верхней части резервуара. Влияние вращательного выплескивания на дыхательные колебания бака, усиливающие развитие деформации, а также на динамическую реакцию резервуаров также являются вопросами дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасенко А. А. Закономерности деформирования металлоконструкций крупногабаритного вертикального сварного резервуара при наличии зон проседания основания / А. А. Тарасенко, А. А. Грученкова, П. В. Чепур. – Текст : непосредственный // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2016. – № 1 (53). – С. 32-37.

2. Hernandez-Hernandez D. Influence of base plate bending stiffness on the seismic performance of liquid storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 330. – P. 170–175.

3. Hernandez-Hernandez D. Evaluation of the adequacy of a spring-mass model in analyses of liquid sloshing in anchored storage tanks / D. Hernandez-Hernandez, T. Larkin, N. Chouw. – Direct text // Earthquake Engineering and Structural Dynamics. - 2021. - Article № 112775.

УДК 620.92:658.5

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ПРОЦЕССЕ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Щегрова Ю. А., бакалавр, yshhegrova@mail.ru

Пигилова Р. Н., преподаватель, bgdkgeu@mail.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Исследование заключалось в выявлении теоретических основ при создании плана мероприятий по повышению сбережения энергии на предприятии. Путем анализа различных источников, был создан основной план мероприятий, включающий в себя меры по улучшению промышленного комплекса в рамках единичного случая.

Ключевые слова: энергосбережение, энергообеспечение, энергия, мероприятия, улучшение, предприятие.

Энергетическое хозяйство предприятий промышленного назначения представляет собой структурированную модель, основной целью которой является оптимизированное снабжение энергоносителей. Необходимо проводить контроль за показателями энергетической эффективности, поскольку от этого зависит себестоимость продукции. Наибольшие резервы в плане экономии ресурсов заложены в грамотном выборе и режимах работы оборудования.

Актуальностью работы является анализ направлений энергосбережения предприятий. Цель состоит в рассмотрении основных мероприятий, по развитию стратегии повышения энергетической эффективности, а также получении экономии ввиду больших потерь от общего числа потребления. Для ведения дальнейшего исследования необходимо проанализировать литературные источники и выявить основные закономерности путем синтеза полученной информации.

Структура энергетического снабжения промышленных предприятий состоит из нескольких систем снабжения. Внешнее энергоснабжение подразделяется на водное, электрическое и топливное. В последнее входит природный газ, мазут и уголь. Водоснабжение протекает в насосные станции и отвечает за выработку питьевой и технической воды соответственно. Электрическое снабжение отвечает за работу кислородных и компрессорных станций, идет его активная выработка предприятием теплового электрического назначения. В результате работы данных станций для нужд производства выделяются кислород, азот, аргон и свежий воздух. В некоторых случаях, при использовании природного газа запускаются газораспределительные пункты и устройства (ГРУ и ГРП). Благодаря им происходит поступление топлива в хозяйство и дальнейшая выработка в топливные газы. От тепловых электрических станций на предприятия поступает горячая вода и пар. [1]

Рассмотрение существующих условий снабжения энергией предприятий внутри региона позволяет выбрать наилучшую модель построения технологического процесса на самом промышленном объекте. В состав подобного анализа входит обеспеченность региона в плане энергоснабжения; основной вид топлива, который используют местные предприятия; плотность застройки внутри крупных населенных пунктов; характеристика региона ввиду экономического развития на базе промышленности.

Исследование действующих предприятий в регионе на предмет экономичности в вопросах использования энергии помогут определить основной план развития региональной энергетики.

Мероприятия по уменьшению потерь в энергоснабжении внутри рассматриваемого предприятия проводят на основе математической модели процессов энергетического преобразования. В ходе рассмотрения дей-

ствий различного рода устройств следует понимать необходимость оптимизации объектов предприятия, улучшение параметров работы режимов и выявление динамики процессов по потреблению энергии. [2]

На первом этапе происходит ввод приборов учета контроля энергопотребления устройствами. Проводится анализ погрешностей за основными характеристиками технологического процесса на промышленных предприятиях, собирается и структурируется информация по энергопотерям. В основу данных мероприятий входят случайные взаимосвязи по расходу энергии, основанные на теории случайных процессов. В результате исследование режимов работы приобретает поверхностный характер.

Для улучшения управления энергетическим снабжением необходимо вводить автоматизированную систему учета энергоресурсов (АСУЭ). Благодаря данной системе происходит распознавание основных решений оператора в ходе производственной работы.

Обоснованный выбор оборудования и его применение позволяют улучшить процесс потребления энергии. В работе используют анализ иерархий, основанный на принципах приоритетности в ходе рассмотрения критериев ряда устройств.

По результатам составления математической модели основных технологических процессов, принимают решение об изменении действующих работ по использованию энергетических ресурсов, устраняют недостатки при их выявлении, оценивают резервы топливных продуктов (исчисляют запасы топлива и степень нужды в их применении в условиях изменяющейся политики энергосбережения, оценивают состояние оборудования и т.д.) [3]

Повышение энергоэффективности, как ключевой задачи в вопросах работы промышленного предприятия, не исключает следующие мероприятия:

1. Реорганизация работы службы, занимающейся вопросами энергетики на предприятии. В качестве мер рекомендуется стимулирование подготовки специалистов, соблюдение интересов сотрудников, определение функций в управлении энергетикой.

2. Мероприятия, направленные на улучшение энергосбережения. Контроль за приборами учета, повешение КПД установок, ведение планово-предупредительного ремонта.

3. Регулирование взаимоотношений между предприятием и энергоснабжающими организациями. Анализ энергопотребления в контексте договора между поставщиком, посредником и получателем.

4. Соблюдение взаимосвязанности между реорганизацией производства и систем энергоснабжения.

Оптимизация энергетической нагрузки позволит разработать личный перечень мероприятий, направленных на улучшение энергетического сбережения конкретного промышленного предприятия. Практическая значимость рассмотренной концепции мероприятий является основной в вопросе ведения энергетической политики.

Таким образом, в работе были рассмотрены научно-технические основы в организации энергетического сбережения в рамках предприятия промышленного назначения. Были выявлены основные мероприятия по улучшению энергоснабжения, учтена роль производства в рамках региона, оговорена ключевая модель при построении дальнейшей энергетической политики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коптелова И. А. Теория принятия решений в задачах энергосбережения промышленных предприятий / И. А. Коптелова, Н. В. Арванитаки. – Текст: непосредственный // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2011. – № 8(81). – С. 123-127.

2. Жибарева Н. В. Управление энергопотреблением на предприятии / Н. В. Жибарева, В. А. Киосова. – Текст: непосредственный // Мир народов. Серия: Наука и практика. – 2018. – № 2(7). – С. 15-18.

3. Горяинов М. В. Энергообеспечение производственно-хозяйственных комплексов / М. В. Горяинов. – Текст: непосредственный // Вестник АКСОР. – 2016. – № 1(37). – С. 126-129.

УДК 65.011.56

ОБОБЩЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЙ КОРОТКИХ СЕТЕЙ МОЩНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Абашева У. Н., аспирант, ulasysina@yandex.ru

Фризен В. Э., д-р техн. наук, зав. кафедрой, vfriзен@yandex.ru

г. Екатеринбург, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Аннотация. Характеристики сопротивления вторичного токоподвода (короткой сети) электротехнологической установки определяют эффективность энергопотребления установки. Точное определение параметров короткой сети позволит создать оптимальную конструкцию токоподвода с минимально возможными параметрами энергопотребления, потерями; модернизировать существующие токоподводы печей на большую мощность, что сейчас актуально. Для быстрого и точного определения параметров токоподвода сейчас могут быть использованы разные методики расчета. В статье приведены примеры использования разных методик, проведен анализ по точности расчета.

Ключевые слова: активное сопротивление, индуктивное сопротивление, дуговая сталеплавильная печь, руднотермическая печь, печь графитизации, математическое моделирование, короткая сеть

Вторичные токоподводы мощных электротехнологических установок имеют сложную пространственную конфигурацию [1]. Инженерные методы расчета индуктивных сопротивлений короткой сети могут дать погрешность до 40 % [2, 3]. Такая большая погрешность приводит к излишней материалоемкости шинопровода, нет возможности точно выровнять индуктивные сопротивления фазных участков. Последнее приводит к увеличению электродинамических сил, разбалансировке работы электродов, что является основным сдерживающим фактором в развитии современных печей [4].

В основе большинства методик расчета параметров коротких сетей лежит книга Данциса Я.Б [2], выпущенная в 1987 году. В данной статье приведен обзор более современных методов расчета сопротивлений вторичных токоподводов печей.

1 метод расчета – программный комплекс (ПК) для расчета индуктивных сопротивлений вторичных токоподводов «Korolset», разработанный в НГТУ [5, 6]. В основе расчета собственной и взаимной индуктивности фаз лежит метод участков [7]. Обеспечивает удовлетворительную точность и уменьшение длительности расчета за счет использования ПК. Ниже в таблице 1 приведены результаты расчета индуктивного сопротивле-

ния короткой сети ДСП-100И6 в ПК «Korolset», сравнение результатов расчета с экспериментальными данными.

Таблица 1

Сравнение рассчитанных индуктивных сопротивлений короткой сети ДСП-100И6 в ПК «Korolset» и полученных экспериментально

Способ определения	Значение индуктивного сопротивления, мОм/ погрешность, %
Расчетный	3,47894
Экспериментальный	3,8
Погрешность расчетного способа	8,4

2 метод расчета – комбинированный, объединяющий данные опыта короткого замыкания и теорию законов электротехники [8, 10, 11]. Длительность опыта короткого замыкания может быть сведена до 10 с, что приводит к уменьшению времени расчета. Экспериментальная отработка метода была проведена на АО ПНТЗ на печи ДСП-120. Указанный метод расчета обеспечивает точность $\pm 5\%$.

3 метод расчета – динамическая адаптация схемных моделей коротких сетей [9]. Обеспечивает высокую точность расчетов (в сравнении с инженерными методиками) и вычислительную эффективность (в сравнении с численной реализацией полевых моделей). С самого начала расчет упрощается принятием условия равномерного распределения плотности тока, однородности фаз. Далее методом динамического моделирования определяется вектор адаптации из условия минимума токовой погрешности.

Динамическая адаптация схемной модели позволяет снизить погрешность расчетов до 3,62 % [9]. Достоверность результатов моделирования проверялась в производственных условиях при графитизации заготовок электродов ПАО «Украинский графит».

4 метод расчета – учет в общем сопротивлении вторичного токоподвода печной установки сопротивления гибких кабельных гирлянд [4, 12, 13]. Под воздействием взаимного расположения кабелей меняется также реактивное сопротивление установки.

Данный обзор проведен с целью поиска более точного метода расчета сопротивлений вторичного токоподвода электротехнологических установок. Самым точным методом определения сопротивления короткой сети является динамическая адаптация схемных моделей.

Ниже в таблице 2 для наглядности сравнения методов расчета приведена сводная таблица с достоинствами и недостатками каждого из методов по мнению авторов.

Таблица 2

Сводная таблица для сравнений методов расчета сопротивления короткой сети

Метод расчета	Достоинства	Недостатки	Погрешность, %
ПО «Korolset»	Высокая скорость расчетов, нет необходимости проведения сложных расчетов	Необходимость приобретения ПО	8,4
Теория + Опыт КЗ	Уменьшение времени расчета. Опыт проведения КЗ может быть сведен до 10 с	Необходимость проведения опыта КЗ	± 5
Динамическая адаптация схемных моделей коротких сетей	Высокая точность расчетов, упрощение расчета (снижение затрат вычислительных и временных ресурсов)	Эффективность вычислительного процесса зависит от точности расчетов начального приближения	3,62
Учет сопротивления гибких кабельных гирлянд	Возможность учета изменения взаимного расположения кабелей на реактивное сопротивление установки	Достаточно сложная математическая модель. Требуется специализированное ПО для учета кабелей	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aliferov A. I. Balancing busbar packages in the secondary current leads of ore-reduction thermal furnaces / A. I. Aliferov, R. A. Bikeev, L. P. Goreva, I. G. Gvozdkov. – URL : <https://link.springer.com/article/10.3103/S106837122106002X/> (date of the application 20.11.2022). - Text : electronic.

2. Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей : справочник / Я. Б. Данцис, Л. С. Кацевич, Г. М. Жилов [и др.]. – Москва : Металлургия, 1987. – 320 с. – Текст: непосредственный.

3. Программный комплекс для расчета индуктивных сопротивлений вторичных токоподводов электротехнологических установок / А. И. Алиферов, Р. А. Бикеев, Д. С. Власов [и др.]. - Текст : непосредственный // Электротехника. - 2010. - № 5. - С. 33-37.

4. Тесля Н. Б. Исследование электромеханических характеристик гибких токоподводов дуговых сталеплавильных печей и разработка технических требований к их конструкциям : 05.09.10 : дис. ... канд. техн. наук / Н. Б. Тесля ; НГТУ. – Новосибирск, 199 с. – Текст: непосредственный.

5. Седых В. А. Сравнение конструктивных исполнений жесткого подвижного токоподвода дуговых сталеплавильных печей / В. А. Седых,

Л. П. Горева. - Текст: непосредственный // Наука. Технологии. Инновации : сборник науч. трудов. - Новосибирск, 2020. – С. 58–60.

6. Cherednichenko V. S. Electromechanical Oscillations Influence to Inductance of Arc Furnace Second Circuit / V. S. Cherednichenko, A. I. Aliferov, R. A. Bikeev. - Direct text // Proceedings of the International Scientific Colloquium Modeling for Electromagnetic Processing. - Hannover, Germany, 2003. – P.285-291.

7. Калантаров П. Л. Расчет индуктивностей : справочная книга / П. Л. Калантаров, Л. А. Цейтлин. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1986. – 488 с. – Текст: непосредственный.

8. Евсеева Н. В. Определение параметров короткой сети дуговых сталеплавильных печей / Н. В. Евсеева, С. Л. Баранов, А. С. Лоскутов, А. Р. Ахметов. – Текст: непосредственный // Сталь. – 2018. - № 10. – С. 22-25.

9. Ярымбаш Д. С. Динамическая адаптация схемных моделей коротких сетей / Д. С. Ярымбаш, И. М. Килимник, С. Т. Ярымбаш. – Текст: непосредственный // Электротехника и электроэнергетика. – 2015. - № 2. – С. 65-70.

10. Ciotty J. A. Electrical Equipment and Operating Power Characteristics / J. A. Ciotty, D. L. Pelfrey. – Direct text // Electric Furnace Steelmaking. – 1985. - №3. – P. 21-46.

11. Cundeva S. Calculation of electric arc furnace secondary circuit - analytical and numerical approach / S. Cundeva, M. Digalovski. – Direct text // Przegląd Electrotechniczny. – 2016. – Vol. 12. – P. 23-26.

12. Khoshkhoo H. Effects of flexible power cables on harmonic generation of an arc furnace steel plant / H. Khoshkhoo, S. H. H. Sadeghi, R. Moini. – Direct text // IEEE International Multitopic Conference. - Tehran, Iran, 2008. – P. 12-16.

13. Чернышов Д. В. Разработка рациональных энергетических параметров токоподвода, дуги и факела топливно-кислородных горелок в ДСП: 05.09.10: дис. ... канд. техн. наук / Д. В. Чернышов ; ТГТУ. – Тверь, 2007. – 155 с. - Текст : непосредственный.

УДК 621.3.048.2

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРОВ СУХОГО ТИПА С МАСЛЯНЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ

Абдреев К. А., обучающийся, abdreev.kirill@mail.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные преимущества и недостатки сухих трансформаторов, их объёмы производства, ценовое отношение. Произведён сравнительный анализ сухих и масляных трансформаторов.

Ключевые слова: сухой трансформатор, электроэнергетика, масляной трансформатор, пожароустойчивость.

Трансформаторы являются одним из важнейших элементов современных электроэнергетических сетей. Большинство современных трансформаторов работают на масляном охлаждении. Однако это не единственное технологическое исполнение изоляции, существуют трансформаторы сухого типа. Они обладают рядом своих преимуществ.

В сухих трансформаторах отвод тепла от активных частей установки происходит с помощью естественной циркуляции воздуха. Зачастую, обмотки и сердечник в таких трансформаторах хранятся в герметичном резервуаре, находящийся под давлением. Отсутствием масла в качестве охлаждающего вещества, то есть отсутствие горючих веществ, делает такие установки более пожароустойчивыми. Масло как жидкое вещество так же плохо переносит тряску, это сильно сказывается при работе в случае сейсмических событий. Большим преимуществом сухих трансформаторов является их экологичность, так как при аварии не происходит разлив токсичных отходов, отравляющих окружающую среду. Сочетание высокой пожароустойчивости и нескольких слоёв изоляции значительно увеличивают их безопасность для людей и их имущества. Такие установки легче в обслуживании, так как они не требуют замены масла. Установка сухих трансформаторов гораздо легче масляных. Их можно устанавливать в помещениях с повышенными требованиями противопожарной безопасности, во влажных (влажностью до 80%) и загрязнённых помещениях. Они хорошо выдерживают перегрузки и обладают отличной устойчивостью к току короткого замыкания. Помимо всего этого такие трансформаторы имеют длительный срок службы за счёт малого диэлектрического и теплового нагрева [1, 2].

Однако, они обладают и недостатками. Хотя сухие трансформаторы более долговечны и более устойчивы к нагрузкам, выход из строя обмотки ведёт к полной замене высоковольтной и низковольтной обмотки. При одинаковых мощностях и номинальном напряжении, сухие трансформаторы стоят дороже масляных. Если сравнить стоимость трансформаторов ТМ 630/10(6)/0.4 и ТТР-А(ТС) 630 кВА 10/0.4 кВ, разница будет примерно в 2.5 раза непосредственно при покупке, если брать итальянский сухой трансформатор, и примерно в 1.5 раза, если брать отечественный ТСЛ. Однако стоит помнить про экономию со стороны сухих трансформаторов. Она заключается в большей пожаробезопасности, экономии на устройствах пожарной охраны, экономии при обслуживании, большем сроке службы, меньших занимаемых габаритах, большей электрической безопасности, легкости и неприхотливости при их транспортировке [1, 3, 4, 5].

Сухие трансформаторы с каждым годом занимают всё больше места в объёме производимых и эксплуатируемых трансформаторов, за 2019 год в России основными поставщиками трансформаторов были произведены

35,5 тысяч масляных трансформаторов и 28 тысяч сухих. Эти объёмы являются следствием развития и совершенствования технологии сухих трансформаторов. Переход к более безопасным, надёжным, неприхотливым и долговечным трансформаторам должен будет стать важным шагом в развитии электроэнергетики [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dry Type Transformer: What is it? : сайт. – URL : <https://www.electrical4u.com/dry-type-transformer/> (дата обращения: 04.11.2022). – Текст : электронный.
2. Типы и виды сухих трансформаторов - технические характеристики : сайт. – URL : [https://en-trans.ru/news/typy-i-vidy-sukhikh-transformatorov-tekhnicheskie-kharakteristiki-/](https://en-trans.ru/news/typy-i-vidy-sukhikh-transformatorov-tekhnicheskie-kharakteristiki/) (дата обращения: 04.11.2022). – Текст : электронный.
3. Итальянские трансформаторы SEA : сайт. – URL : <https://sea-rus.tilda.ws/> (дата обращения: 04.11.2022). – Текст : электронный.
4. Трансформатор ТМ 630/10(6)/0.4 : сайт. – URL : https://zavod-96.ru/catalog/transformatory_silovye/silovye-masljanые-transformatory-tm/transformatorm-630-10-6--0-4/ (дата обращения: 04.11.2022). – Текст : электронный.
5. Рынок распределительных трансформаторов в 2020-2022 годах : сайт. – URL : http://transformator.ru/press_center/news/2020y/rynok-raspredelitelnykh-transformatorov-v-2020-2022-godakh/ (дата обращения: 04.11.2022). – Текст : электронный.

УДК 621.311

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Абдреев К. А., обучающийся, abdreev.kirill@mail.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы и несовершенство, действующих на сегодняшний день, методов по энергоснабжению изолированных потребителей. Сделан анализ перспективных технологий и подходов к их энергоснабжению способных увеличить его экономичность, экологичность и технологичность.

Ключевые слова: дизельные электростанции, возобновляемая энергетика, экономичность, децентрализованные зоны, изолированный потребитель, региональные энергетические программы.

В условиях, когда энергетическая система страны имеет единый характер, одной из наиболее насущных проблем является технически и экономически эффективное снабжение изолированных потребителей. Большинство изолированных потребителей снабжаются за счёт дизельных электростанций. Дизельные электростанции крайне экологически опасны и являются источниками загрязнения атмосферы, гидросферы и почвы отходами своей работы. Несмотря на дешевизну традиционных видов топлива в РФ, транспортировка и ограниченность сезонов завозы топлива приводит к удорожанию электроэнергии для изолированных потребителей. Так транспортная составляющая стоимости у потребителя может достигать 80%. Стоит так же помнить, что дизельные станции, особенно станции малой мощности, имеют посредственные экономические показатели. Это в свою очередь так же сказывается на стоимости электроэнергии. Большим минусом дизельных электростанций помимо всего является постоянная работа с большим расходом топлива даже во время работы без нагрузки, что помимо напрасного сжигания топлива влечёт и к ускоренному износу оборудования. Большинство такого рода электростанций в районах севера являются убыточными. Электроэнергия продаётся по цене ниже, чем её себестоимость. Связано это с целью поддержать нормальный уровень цен на тарифы электроэнергии в этих районах. Средства же берутся из бюджета. Современная тенденция решения этих вопросов заключается в принятии разовых мер. Комплексный подход требует больших затрат времени в разработке и капиталовложений на начальном этапе, но имеет большую экономичность и свои достоинства в дальнейшей перспективе. [1, 2]

Помимо образования децентрализованных зон, естественно, возможно подключение к единой энергосистеме для централизации электроснабжения. Однако поэтому и существует проблема энергоснабжения изолированных потребителей. Проведение работ по соединению их с единой энергосистемой может быть экономически нецелесообразным. В таком случае остаётся лишь энергоснабжение за счёт децентрализованных зон. Однако установка дизельных электростанций не единственный выход. Возобновляемая энергетика хорошо подходит для изолированных систем. В 2014-м году ВИЭ составили 13,8% от всех источников электроэнергии в мире, и 40% от всех нововведённых. ВИЭ так же, в отличие от традиционных источников энергии, являются экологически более предпочтительными, в связи с малым влиянием на экологию. [3]

Среди ВИЭ возможны использования таких видов как.

Солнечных и фотоэлектрических генераторов. Которые используют солнечный свет и излучение для преобразования их в электрическую энергию.

Малые ГЭС, использующие течение небольших водоёмов в качестве источника энергии.

Ветрогенераторы, преобразующие кинетическую энергию ветра в механическую энергию лопастей с последующим её преобразованием в электрическую. [2]

Размер удельных капиталовложений можно рассчитать по следующей формуле:

$$\kappa^{ВПЭР} = \frac{E \times \kappa^{ДЭС} + N_{пост}^{ДЭС} + c_m^{ДЭС} \times B_m^{ДЭС}}{N^{ВПЭР} \times (E + H_{ам}^{ВПЭР} \times (1 + H_{проч}^{ВПЭР}))}$$

где $\kappa^{ВПЭР}$ - удельное капиталовложение, E - нормальный коэффициент эффективности капиталовложений, $\kappa^{ДЭС}$ - удельные капиталовложения в дизельной электростанции, $N^{ДЭС}$ - мощность дизельной электростанции, $N_{пост}^{ДЭС}$ - ежегодные издержки по дизельной электростанции, $c_m^{ДЭС}$ - стоимость дизельного топлива, $B_m^{ДЭС}$ - годовой расход топлива на дизельной электростанции, $N^{ВПЭР}$ - мощность энергоисточников, работающих на возобновляемой энергии, $H_{ам}^{ВПЭР}$ - доля капиталовложений уходящих на амортизацию, $H_{проч}^{ВПЭР}$ - доля капиталовложений уходящих на прочие расходы. [4]

В случае если электростанции, работающие на возобновляемой энергии, способны полностью заменить дизельные станции, то формула сокращается до вида:

$$\kappa^{ВПЭР} = \frac{N_{пост}^{ДЭС} + c_m^{ДЭС} \times B_m^{ДЭС}}{N^{ВПЭР} \times (E + H_{ам}^{ВПЭР} \times (1 + H_{проч}^{ВПЭР}))}$$

При сравнении стоимости электроэнергии от различных источников, выходит, что электроэнергия, произведённая ветреной электростанцией, на 37,5% дешевле, чем произведённая на дизельной. А энергия малой ГЭС на 72,5%. При расчёте для изолированного потребителя. [4]

Эти числа говорят о конкурентоспособности возобновляемых источников с дизельными в условиях изолированных потребителей.

Чрезвычайно важно учитывать изолированных потребителей при проектировании региональных энергетических программ. Они состояются на десятки лет с учётом различных сценариев развития экономики и энергетики. Благодаря ним обеспечивается надёжное обеспечение потребителей энергией, увеличивается вовлечённость всех структурных уровней энергетики региона. Будет происходить расчёт возможных ситуаций и минимализация рисков, вместо устранения проблем оперативно или на основе симптомов. Таким образом, обеспечивается финансовая база для формирования долгосрочных программ, где особую важность будут иметь надёжность, независимость и экономичность в долгосрочной перспективе. [1]

Использование той или иной системы обеспечения потребителя энергией должно обеспечиваться в приоритете на более экономически и технически совершенные методы с дальнейшим многолетним её функционированием. Возобновляемая энергетика имеет большой потенциал, однако речь идёт не о полном вытеснении традиционных источников. Ведь ВИЭ имеет переменчивость и всегда требует регулирующих установок в виде традиционных источников или накопителей. Комбинирование использование этих технологий является наиболее технологичным, экономичным и перспективным подходом к вопросу о снабжении изолированных потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тугузова Т. Ф. Оценка технико-экономической эффективности энергоснабжения изолированных потребителей (На примере Иркутской области) : 25.00.17 : дис. ... канд. техн. наук / Т. Ф. Тугузова ; ИСЭМ СО РАН. – Иркутск, 2004. – 151 с. – Текст : непосредственный.
2. Удаленные территории и их энергообеспечение : сайт. – URL : <https://lektsii.org/5-67377.html> (дата обращения: 04.11.2022). – Текст : электронный.
3. Халова Г. О. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в мире; Инновации и инвестиции / Г. О. Халова, С. Г. Йорданов. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. - 2016. - № 1. - С. 103-107.
4. Суржикова О. А. Техничко экономические аспекты энергообеспечения изолированных потребителей / О. А. Суржикова, И. Е. Никулина. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. - 2005. – Т. 308, № 7. - С. 223-226.

УДК 621.3

ВНЕДРЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ОНЛАЙН МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Агафонов А. В., инженер – техник, agafonov.avl@gazprom-neft.ru
г. Муравленко, ООО «Газпромнефть Энергосистемы»

Аннотация. Статья посвящена разработке системы непрерывного теплового онлайн мониторинга электрооборудования открытых распределительных устройств 35 – 110 кВ. Описана структура предлагаемой системы, в том числе специально разрабатываемого программного обеспечения для обработки и анализа получаемых термограмм и класси-

фикации выявленных дефектов с последующей передачей данных в информационную систему управления планово-предупредительными ремонтами.

Ключевые слова: тепловой контроль, инфракрасный спектр, онлайн мониторинг, повышение надежности сети, открытое распределительное устройство.

Переход от планово-предупредительных ремонтов к ремонту по техническому состоянию позволил минимизировать тяжесть возникающих последствий после аварий, а также снизить потери дебита. Однако, выездные обследования службой технической диагностики носят также плановый (непостоянный) характер [1].

Цель: повышение надежности оборудования открытых распределительных устройств 35 – 110 кВ.

Задачи:

1. Обеспечить постоянный тепловой и визуальный контроль [2,3] за силовым и коммутационным оборудованием, которое исчерпало свой установленный срок службы в 25 лет;

2. Интегрировать проектное решение в систему управления планово – предупредительными ремонтами (ИС УППР), используемую в ООО «Газпромнефть Энергосистемы»;

3. Повысить производственную безопасность, исключая воздействие негативных факторов и контакт человека с электрооборудованием при проведении осмотров и обследований подстанции.

На сегодняшний день более 60% маслонаполненного силового оборудования, эксплуатируемого в ООО «Газпромнефть Энергосистемы», исчерпало свой установленный срок службы в 25 лет. Учитывая, что служба технической диагностики осуществляет обследование электрооборудования подстанции два раза в год, кратно увеличивается вероятность появления и развития дефекта в междиагностический период на удаленных и ответственных объектах энергетики.

В качестве решения предлагается разработать программно – аппаратную системы непрерывного теплового мониторинга состояния электрооборудования, которая представляла бы собой комплекс стационарных тепловизионных камер с поворотным механизмом и осуществляла бы мониторинг заданного сектора.

Главным отличием от предлагаемых систем является разработка специального программного обеспечения, которое должно позволить разбить сектор мониторинга камер на области пофазного контроля электрооборудования с выставлением реперных точек согласно типу контролируемого оборудования. Также программное обеспечение должно обеспечить сбор данных, их анализ и выдачу команд оповещения диспетчеру с функцией поддержки принятия решений, что позволит увеличить эффективность и повысить безопасность.

В результате анализа сформулированы требования к системе и разработана структурная схема, которая приведена на Рис.1.



Рис. 1. Структурная схема предлагаемой программно – аппаратной системы

Данные с камер в виде постоянного потока видимого спектра и инфракрасного с дискретностью 1 кадр в 5 минут по RS-485 должны собираться в пост контроля, где программное обеспечение будет осуществлять обработку полученных термограмм и классификацию выявленных дефектов, оповещение диспетчера и ведение статистики.

Далее данные по сети 4G передаются в ИС УППР, где будет формироваться заявка на выполнение ремонтных работ и рассчитываться индекс технического состояния с определением межремонтного периода.

Существующая организация осмотров и диагностических обследований требует выполнение следующих операций: выезд специалиста на объект, оформление наряда – допуска, настройка тепловизора, определение материала обследуемых объектов, выбор коэффициента отражения, получение термограмм (обязательно – единообразие съемки), загрузка термограммы в программное обеспечение для обработки, формирование обследуемых зон, сравнение температур аналогичных узлов, формирование заключения, классификация дефектов и рекомендаций по устранению дефекта, загрузка протокола и данных о дефекте в ИС УППР.

Предлагаемая система позволит автоматизировать процесс с помощью программного обеспечения, что поможет оптимизировать человеческие ресурсы, исключить влияние человеческого фактора и снизить время реагирования.

На данный момент проведен сравнительный анализ систем, представленных на рынке и найдена компания, которая имеет опыт разработки подобных систем. Проведено предпроектное обследование на подстанции 110/35/6 кВ «Нуриевская», г. Муравленко, по результатам которого разработана схема размещения камер по периметру подстанции и сформирована команда программистов совместно со специалистами третьего уровня по тепловому контролю для разработки программного обеспечения.

В результате, разработка системы теплового онлайн мониторинга обслуживания открытых распределительных устройств 35 – 110 кВ позволит:

1. Исключить воздействие негативных факторов и контакт человека с электрооборудованием при проведении осмотров и обследований подстанции

2. Обеспечить постоянный тепловой и визуальный контроль за состоянием электрооборудования и периметром подстанции;

3. Повысить надежность электроснабжения икратно увеличить вероятность обнаружения дефектов на ранней стадии развития;

4. Автоматизировать обработку и передачу данных тепловизионного и визуального обследований в ИС УППР.

На сегодняшний день аналогов предлагаемой системе с программным обеспечением в секторе энергетика нет и её внедрение позволит обеспечить реализацию стратегии цифровизации данной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ : РД 153-34.0-20.363-99 : утв. Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России" 14.12.99 : ввод. в действие с 01.06.00. - Москва : ЭНАС, 2000. – 136 с. – Текст : непосредственный.

2. Неразрушающий контроль : справочник. В 8 т. Т. 5. Тепловой контроль. Электрический контроль / Под общ. ред. В.В. Клюева. – Москва : Машиностроение, 2006. – 679 с. – Текст : непосредственный.

3. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2015. — 64 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.31

ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫЕ КОМПАНИИ: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Багавиева А. Р., бакалавр, bagavieva.adilya@mail.ru

Бурганов Р. А., д-р экон. наук, профессор, burganov-r@mail.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Актуальность выбранной темы заключается в том, что сетевая энергетика – одна из главных подотраслей, оказывающая огромное воздействие на экономику Республики Татарстан. Её налаженное и стабильное функционирование влияет на благополучие и уровень жизни населения. В данной статье будет рассмотрено общее состояние сетевых компаний в Республике Татарстан, какие проблемы развития существуют и способы их устранения.

Ключевые слова: электроэнергия, электросетевой комплекс, энергоресурсы, экономика.

Электросетевой комплекс обеспечивает удовлетворение потребности населения в электрической и тепловой энергии, а также осуществляет её экспорт. Устойчивый и надёжный механизм работы данного комплекса играет большую роль в энергетической безопасности нашей страны и показывает на сколько успешно её экономическое развитие.

В каждом регионе функционируют сетевые компании, имеющие разный потенциал развития.

В Республике Татарстан работают такие электросетевые компании как ООО «Камаз-Энерго», АО «Сетевая компания», АО «Электросетевая компания», ООО «Казанская энергетическая компания», ГУП РТ «Электрические сети» и другие [1]. Основной их деятельностью является передача и распределение их до потребителей, создание условий для подключения новых потребителей. В таблице 1 даны некоторые результаты деятельности АО «Сетевая компания».

Таблица 1

Интегрированный годовой отчет АО «Сетевая компания» за 2018-2020 г. [2]

	2018	2019	2020
Собственный капитал, млн.руб.	49 142	52 472	52 737
Заемный капитал, млн.руб.	9 214	8 489	9 932
Инвестиции в инновационную деятельность, млн.руб.	347,0	860,5	911,1
Общее количество подстанций, 35-500 кВт, шт.	381	381	382
Общая протяженность линий электропередач, тыс.км	70,72	71,57	75,29
Количество лицевого счетов бытовых, промышл., институц. и коммерческих точек поставок электроэнергии потребителей (ЕУЗ), шт.	1 032 226	1 057 034	814 484
Потребление электроэнергии на хоз. нужды, млн. кВт*ч	37,1	35,0	32,8

Как видно из таблицы можно прийти к выводу о том, что количество поставляемой электроэнергии к 2020 году сократилось по причинам, обусловленным более теплой погодой в первом квартале данного года и пандемическими ограничениями, однако данная сетевая компания увеличила вклад в развитие финансовых и производственных ресурсов, что позволит им в последующем увеличить число потребителей, подключенных к ним, и, соответственно, прибыль предприятия.

В развитии электросетевого комплекса имеется ряд проблем: дефицит энергоресурсов, вследствие чего возникает проблема невозможности

надежного обеспечения населения топливом и сырьём, использование устаревшего и изношенного оборудования, вследствие чего оказывается негативное влияние на окружающую среду, отставание технологического уровня развития [3]. На данный момент в РФ доля распределительных электрических сетей, выработавших свой нормативный срок, составила 50%, 7% электрических сетей отработало 2 таких срока. В целом износ электросетевых активов России, в том числе и Республики Татарстан, значительно выше, чем в других крупных странах.

В течение ближайших 15-20 лет необходимо будет внедрять систему «умных» электрических сетей, используемые в сетевых комплексах развитых стран. Их использование позволит увеличить пропускную способность и стабильность электроснабжения, сократить потери и издержки [4]. Также для устранения вышеперечисленных недостатков данной сферы нужно предпринять следующие меры:

1) создание необходимых условий для привлечения инвестиций в электросетевую комплекс;

2) введение ответственности электросетевых компаний за невыполнение возложенных на них обязательств с целью необходимости соблюдения обязательных стандартов качества обслуживания потребителей;

3) использование современного оборудования, которое значительно меньше оказывает негативное влияние на окружающую среду, и введение ответственности в случае нанесения большого ущерба природе;

4) создание специальных комиссий, проводящих мониторинг состояния используемого оборудования.

Таким образом, подводя итоги всему вышесказанному, можно сказать, что электросетевые компании Республики Татарстан играют важную роль в энергетической отрасли нашей страны, однако необходимо провести некоторые мероприятия для улучшения качества их работы, чтобы в дальнейшем их вклад в экономику России был более весомым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перечень сетевых организаций. – Текст: электронный // Конституционный суд Республики Татарстан : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://tatenergoby.ru/b2b/contract/organizations/> (дата обращения : 7.11.2022).

2. АО Сетевая компания ИО 2020 г. – Текст : электронный // Российский союз промышленников и предпринимателей : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://rspp.ru/upload/uf/b2e/0yeq19n5y1j8b88tmwvhgufdqjcgd9je/AO%20Сетевая%20компания%20ИО%202020.pdf> (дата обращения : 7.11.2022).

3. Состояние отрасли. – Текст : электронный // Министерство энергетики РФ : официальный сайт. – 2022. – URL : minergo.gov.ru/node/539 (дата обращения : 7.11.2022).

4. Бурганов Р. А. Взаимодействие экономики и электроэнергетической сферы: институциональное измерение : монография / Р. А. Бурганов. – Москва : ИНФРА-М, -2017. -123 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Бакланов А. В., канд. техн. наук, руководитель отдела, andr@gisi.ru
г. Тюмень, ООО «Институт геоинформационных систем»

Аннотация. Рассмотрены основные направления применения геоинформационных технологий в интеллектуальных электрических сетях. Использование геоинформационных технологий позволит сформировать единую структуры данных электрической сети, обеспечить информационную поддержку эксплуатационных и инвестиционных задач.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, интеллектуальные электрические сети, интеграционная модель данных.

Стратегия цифровой трансформации электроэнергетики предусматривает создание и развития интеллектуальных электрических сетей. Одно из важных направлений - разработка и внедрение информационных систем, обеспечивающих автоматизацию процессов оперативно-диспетчерского управления режимами работы сети и взаимодействие с экспертно-аналитическими системами поддержки принятия решений. В этой связи актуальным является обеспечение интеграции информационных систем на основе единой цифровой модели сети [1].

Характерной чертой электрических сетей является территориальная рассредоточенность объектов, разнообразие видов оборудования, различные типы учитываемых данных. Использование геоинформационных технологий позволяют не только обрабатывать большие объемы пространственно-распределенной информации, но и обеспечить эффективную интеграцию разнородной информации [2].

Для создания единой базы данных электрической сети требуется разработка типизированных геоинформационных образов объектов, учитывающих пространственные и технологические характеристики.

Технология решения поставленной задачи может быть разделена на следующие этапы:

Первый этап – формирование пространственной структуры объектов электрических сетей с учетом топологических связей.

Второй этап – формирование базы технологических данных объектов электрических сетей в соответствии с взаимосвязями между ними.

Третий этап – описание режимов работы электрических сетей с учетом аварийных ситуаций.

Построение единой базы данных электрической сети целесообразно выполнить с использованием СИМ-моделей, позволяющим обеспечить совместимость информационных систем [2].

Интеграционная геоинформационная база представляет единую платформу для создания инструментов, предназначенных для управления сетевой инфраструктурой.

Пространственные данные могут использоваться в следующих эксплуатационных задачах:

- определение местоположения объектов электрических сетей (линии электропередач, трансформаторные подстанции, коммутирующая аппаратура, аппаратура защиты);
- паспортизация и инвентаризация оборудования;
- мониторинг режимов работы сети;
- планирование ремонтных и регламентных работ;
- управление аварийно-техническими службами.

В финансово-инвестиционной деятельности геоинформационная информация востребована при решении следующих вопросов:

- планирование территориального развития сетей;
- мониторинг объектов недвижимости;
- анализа распределения нагрузки на территории.

Первичными источниками данных для формирования пространственной базы данных могут являться схемы фидеров, на основе которых формируется информация о топологии электрической сети, параметрах участков сети, номерах ТП, мощности трансформаторов, потребителях и др. [3].

Применение геоинформационных технологий закладывает инструментальную основу интеграции данных для решения задач комплексной оценки состояния, управления режимами работы и развития электрических сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грабчак Е. П. Цифровая трансформация электроэнергетики : монография / Е. П. Грабчак. – Москва : Русайнс, 2020. — 338 с. – Текст: непосредственный.
2. Воротницкий В. Э. Применение геоинформационных технологий в электрических сетях России / В. Э. Воротницкий, А. В. Калашников. - Текст: непосредственный // Энергия единой сети. – 2016. - № 6 (11). – С.14-25.

З. Ярош В. А. Разработка и применение геоинформационных технологий в распределительных электрических сетях: 05.14.02 автореф. дис. ... канд. техн. наук: / В. А. Ярош: Сев.-Кавказ. гос. техн. ун-т. - Ставрополь, 2010. - 24 с. – Текст: непосредственный.

УДК 621.317.39

ПОДБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ЗВЕНА РЕГУЛЯТОРА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ЛЕВИТАЦИИ И ЕГО ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Барашков И. С., обучающийся, ilyasharab9845@gmail.com

Макартичан С. В., канд. техн. наук, доцент, humir@mail.ru

г. Волгоград, Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Одной из актуальных проблем в энергетике и промышленности является повышение надежности работы различного оборудования. Эффективным методом повышения надежности оборудования является диагностирование состояния машин и прогнозирования их работоспособности. В измерительной технике для диагностики тихоходного оборудования с частотами вращения единицы Гц, например, гидрогенераторы ГЭС используются инерционные электромеханические преобразователи. Но основная проблема этих преобразователей является наличие сухого трения, уменьшающего чувствительность первичного преобразователя к вибрациям. В настоящее время наиболее перспективным направлением решения этой проблемы является внедрение магнитных подшипников, основанных на эффекте левитации, который позволяет полностью исключить механический контакт и соответственно уменьшить порог чувствительности преобразователя. Необходимо отметить, что эффект левитации широко используется в транспортных системах, однако в измерительных системах практически не используется.

Ключевые слова: левитация, пропорциональное звено, дифференциальное звено, катушка индуктивности, магнитное поле

В измерительных системах основное требование — это обеспечение погрешности измерения. Сам подвес на эффекте левитации обладает единственной проблемой — в нем очень сложно добиться устойчивого положения подвижного магнита внутри левитирующего поля без правильной настройки регуляционных звеньев. Для определения параметров электромагнитного подвеса и оценки погрешности необходимо построить модель преобразователя, по которой может быть определена АЧХ и соответственно проведен анализ влияния различных факторов на равномерность АЧХ.

Были выведены функциональные зависимости коэффициентов пропорционального k_0 и дифференциального k_1 звена от параметров катушки индуктивности, индуцирующей магнитное поле, в котором будет левитировать ферромагнит, с перемещения которого будут рассчитываться данные о низкочастотных вибрациях:

$$k_0 = \frac{2\pi m f_0^2}{rNB}, \quad (1)$$

где m – масса магнита, f_0 – частота колебаний системы, r – радиус катушки, N – число ее витков, B – магнитная индукция.

$$k_1 = \frac{m\omega_0 D}{\pi rNB}, \quad (2)$$

где ω_0 – собственная частота колебаний, D – коэффициент затухания, рассчитанный из следующего уравнения:

$$40\lg(\omega_1 / \omega_0) - 10\lg\{[1 - (\omega_1 / \omega_0)^2]^2 + 4D^2(\omega_1 / \omega_0)^2\} = -0,1, \quad (3)$$

где $\omega_1 = 2\pi f_1 = 0,628$ рад/с.

В свою очередь собственная частота колебаний ω_0 может быть вычислена по этой формуле:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2\pi NBk_0}{m}} \quad (4)$$

По формулам (1), (2), (3) и (4) задаются коэффициенты пропорционального и дифференциального звена, которые могут быть заданы как аналоговым методом при помощи подбора соответствующих резисторов и конденсаторов, так и вписыванием в код программы микроконтроллера электромеханического преобразователя. Вторым вариантом является самым простым, наиболее быстрым и точным, так как не требует тщательного подбора компонентов, уменьшает процесс создания преобразователя и позволяет увеличить точность задачи коэффициентов до нескольких сотен долей.

Для наиболее быстрого получения результатов вычислений, была создана программа, в которую вписываются исходные данные в виде параметров катушки индуктивности, индуцирующей магнитное поле левитрона, и частоте колебаний системы. Далее по имеющимся выше формулам идет расчет коэффициентов пропорционального и дифференциального звена, которые можно вписать в код программы микроконтроллера. Данная программа была написана на языке C#, позволяющего с легкостью создавать оконные приложения на базе Windows Forms. Интерфейс и работа программы изображены на Рис. 1.

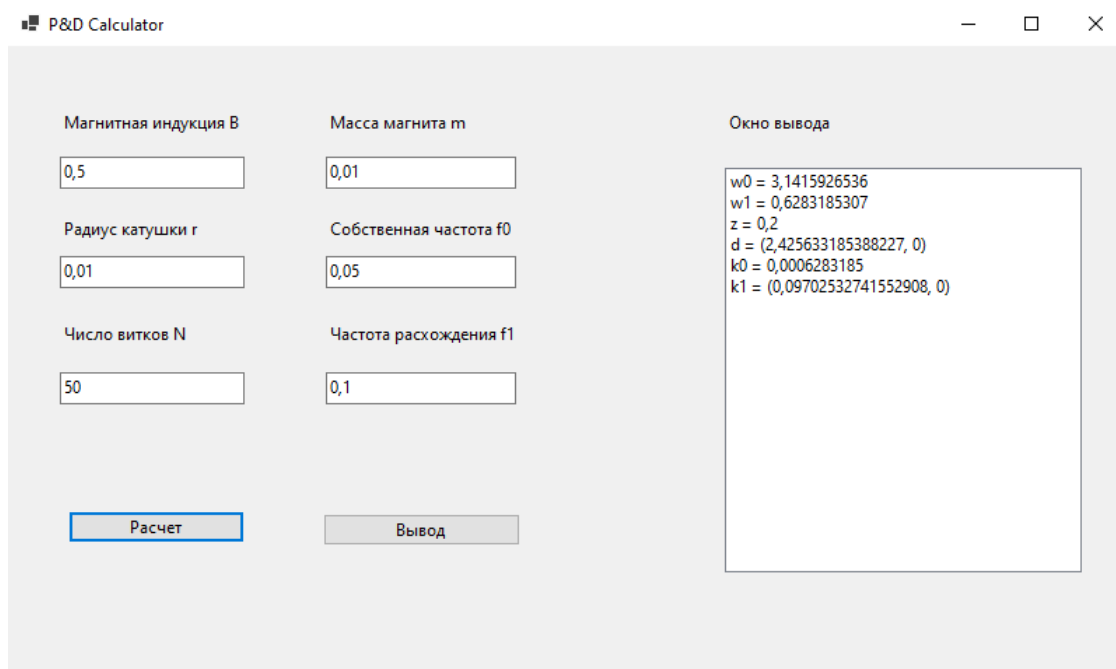


Рис. 1. Интерфейс программы

Таким образом, предложенная компьютерная программа по вычислению пропорционального и дифференциального звеньев микропроцессорного регулятора позволяет повысить точность и скорость настройки электромеханического преобразователя на основе эффекта левитации, добиваясь устойчивого положения подвижного магнита внутри магнитного поля, создаваемого катушкой индуктивности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барашков И. С. Лабораторная установка для исследования устойчивости левитрона / И. С. Барашков, И. А. Исаев. – Текст : непосредственный // XXVI Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области : сборник материалов конференции. – Волгоград, 2022. – С. 198-199.
2. Theory and experiment research for ultra-low frequency maglev vibration sensor / Z. Dezhi, L. Yixuan, G. Zhanshe [et al.]. - Direct Text // Review of Scientific Instruments. – 2015. – Vol. 86, Is. 10. - P. 33-35.
3. Hyunuk S. Algorithm of Linear Induction Motor Control for Low Normal Force of Magnetic Levitation Train Propulsion System / S. Hyunuk, L. Jaewon, C. Gyu-Ha, C. Jang-Young. - Direct Text // IEEE Transactions on Magnetics. – 2018. – Vol. 54, Is. 11. – P. 1-4.
4. A high-precision two-dimensional micro-accelerometer for low-frequency and micro-vibrations. / Y. J. Lei, R. J. Li, R. X. Chen [et al.]. - Direct Text / Precision Engineering. – 2019. – Vol. 67. – P. 419-427.

ПРОТОКОЛЫ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Васина А. Ю., бакалавр, anzhyan@yandex.ru

Плотников В. В., канд. техн. наук, доцент, carpenter_wowa@mail.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Развитие концепции интернета вещей, интеллектуальных систем управления, например, таких как «Умный дом», позволило сократить затраты на потребляемую приборами электроэнергию, добиться снижения эксплуатационных расходов, оптимизировать процессы управления освещением, климатом, сигнализацией и другими параметрами. В частности, при проектировании систем управления освещением правильный выбор протокола в значительной степени определяет удобство использования и монтажа, надежность и скорость передачи данных, поэтому исследование особенностей протоколов управления остается важной задачей. Целью исследования является определение протокола управления освещением, характеризующегося наибольшей гибкостью. В качестве метода исследования был использован анализ соответствия наиболее распространенных протоколов действующим международным стандартам, количества подключаемых устройств, а также возможности проведения диагностики подключенных устройств. В результате был определен протокол, соответствующий заданным требованиям.

Ключевые слова: протокол управления освещением, 0-10/1-10В, DMX 512, DALI.

Протокол управления освещением представляет собой набор правил, по которым работают устройства системы, такие как датчики движения, балласты, драйверы и др. В работе рассмотрено несколько протоколов, получивших наибольшее распространение: 0-10/1-10В, DMX 512 и DALI.

Управление светом с помощью изменения напряжения осуществляется с помощью однонаправленного аналогового протокола 0-10/1-10В, где сила света изменяется пропорционально напряжению. Достоинством этого метода управления является простота исполнения, однако в данной системе на один контроллер можно установить только 10 светильников, и при использовании большего количества осветительных приборов количество линий управления увеличивается. Это приводит к сильному удорожанию и усложнению системы, а также затрудняет проведение диагностики и устранения неисправностей [1].

Стандарт DMX 512 (Digital Multiplex), созданный для цифровых сетей передачи данных, использует дифференциальные сигналы стандарта EIA-485 и пакетную передачу данных. Количество подключенных к одной шине устройств не должно превышать 32, при этом их число можно увеличить с помощью сплиттеров [2]. Схема подключения устройств по данному протоколу представлена на рисунке 1. Достоинством стандарта являются гибкость перенастройки, повышенное качество регулирования за счет симметричного способа передачи цифрового сигнала, а также

свободное назначение каналов для осветительных приборов. Недостатком же остается односторонняя передача сигнала от контроллера к светильнику, что делает невозможным отслеживание их состояния и сбоев в их работе.

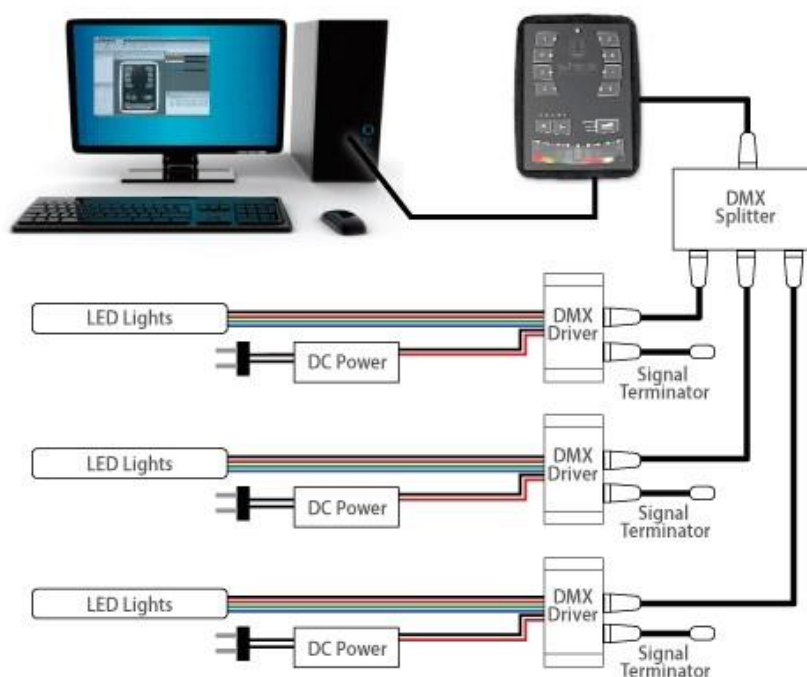


Рис. 1. Схема подключения устройств по протоколу управления DMX 512

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) – открытый цифровой интерфейс освещения с возможностью адресации, основанный на цифровой шине данных. Данный протокол поддерживает управление 64 устройствами по одной линии, где каждому из них может быть присвоено до 16 различных групп и настроек освещения, цифровая передача данных осуществляется по двухпроводной линии. Схема подключения устройств по протоколу DALI представлена на рисунке 2. Независимое управление светильниками достигается за счет параллельного подключения шины, проходящей через все драйверы и устройства, подключенные к сети. Регулирование интенсивности освещения и передача на контроллер сообщения о состоянии приборов обеспечивается благодаря двунаправленному обмену данными.

Благодаря тому, что протокол DALI был разработан по принципу децентрализованного интеллекта, на борту каждого устройства предусмотрена память, хранящая диагностическую информацию, которая позволяет сократить объем данных, передаваемых по шине, а также снизить технические требования к системе управления. Отличительной особенностью данного протокола является соответствие международному стандарту IEC 62386, что обеспечивает взаимозаменяемость и независимость от производителя [3].

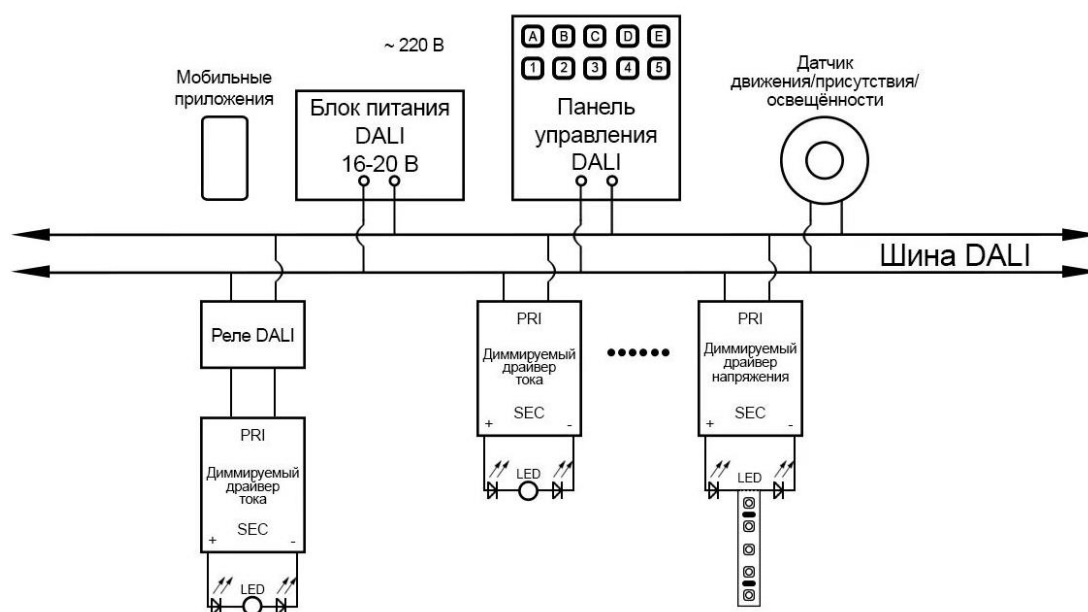


Рис. 2. Схема подключения устройств по протоколу управления DALI

Таким образом, протокол управления, правильно подобранный под задачи и требования проекта, обеспечит наибольшую устойчивость, удобство и безопасность системы. Наиболее важными характеристиками выступают взаимозаменяемость устройств, обеспечивающая гибкость при проектировании и монтаже, а также наличие двустороннего обмена данными для проведения диагностики неисправностей и отказов для повышения надежности системы. Данным требованиям среди рассмотренных протоколов отвечает протокол управления освещением DALI.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова В. Р. Обзор систем управления освещением / В. Р. Иванова, Р. Р. Даутов – Текст: непосредственный // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Казань, 2021. – С. 430-433.
2. Лесик В. Ю. Современные автоматические системы управления освещением / В. Ю. Лесик. - Текст: непосредственный // Актуальные вопросы энергетики в АПК: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. – Благовещенск, 2021. – С. 57-62.
3. Шиков С. А. Интегрированные технологии, стандартные интерфейсы и протоколы для построения интеллектуальных систем управления освещением / С. А. Шиков. – Текст: непосредственный // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XIII Всеросс. науч.-практ. конф. – Саранск, 2017. – С. 167-176.

МЕТОДИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДВУХСЛОЙНОЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ В МНОГОСЛОЙНУЮ

Газизов И. Н., бакалавр, gazizovildar2001@gmail.com

г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

Аннотация. Рассмотрены конструкции печатных плат прошлого поколения, их достоинства и недостатки. Предложена конструкция многослойной печатной платы, позволяющая решить проблемы двухслойных печатных плат. Разработана методика преобразования двухслойной печатной платы в многослойную.

Ключевые слова: односторонняя печатная плата, двухсторонняя печатная плата, многослойная печатная плата, помехи, электромагнитная совместимость, габариты печатной платы.

Многие старые печатные платы прошлого поколения с сигнальными дорожками на одном или двух слоях имеют ряд недостатков, таких как плохой теплоотвод, наличие помех, большие габаритные размеры и другие. Эти проблемы можно решить выносом некоторых электропроводящих цепей на дополнительные слои.

Рассмотрим строение печатных плат, их плюсы и минусы, а также способы изготовления.

Односторонняя печатная плата – это плата, содержащая на одном слое подложку, сигнальный слой в виде меди и паяльную маску. Медь – это один из основных материалов, используемых в технологии изготовления печатных плат. Она является хорошим проводником большого тока с маленьким сопротивлением, поэтому производители отдают ей предпочтение.

Двухсторонняя печатная плата отличается от односторонней тем, что у платы с обеих сторон нанесены базовые материалы. Электропроводящие цепи соединяются с разных сторон сквозными отверстиями. Элементы также размещаются с обеих сторон. Двухсторонний способ расположения элементов позволяет уменьшить габариты печатной платы и решить некоторые проблемы электромагнитной совместимости.

Многослойные печатные платы включают в себя от трех и более проводящих слоев, отделенных между собой слоями диэлектриков. Слои скрепляются специальным клеем. На дополнительные слои в основном выносят цепи питания и цепи земли.

Проблемы односторонних и двухсторонних печатных плат возникают во время эксплуатации готовых изделий, так как не всегда имеется представление о будущих сбоях и полном выходе из строя как отдельной микросхемы, так и всего изделия в целом.

Примерные проблемы в двухслойных печатных платах:

- габариты готового изделия слишком велики из-за больших размеров печатной платы;
- нарушение электромагнитной совместимости. Любой материал, проводящий электрический ток, имеет свойство создавать магнитные поля, нарушающие работу соседних электрических элементов;
- побочная работа сигнальных дорожек в виде антенны. Длинные и тонкие проводники могут работать как антенна и принимать сторонние радиосигналы, от которых появляются в цепи помехи, способные нанести ущерб микросхемам.

Многослойные печатные платы решают проблемы, описанные выше. За счет переноса некоторых сигнальных дорожек на отдельные слои есть возможность расположить радиоэлементы ближе друг к другу. Это позволит уменьшить площадь печатной платы, а, следовательно, и размеры самого изделия. Перенос также позволит сократить длину электрических дорожек, что уменьшит вероятность возникновения побочной работы.

Методика преобразования двухслойной печатной платы в многослойную необходима также для удовлетворения новых стандартов конструирования изделий.

Алгоритм преобразования:

- проанализировать двухслойную печатную плату, разложить сигнальные дорожки на типы: земля, питание, выходной сигнал, входной сигнал;
- добавить слой земли между двумя сигнальными слоями. Залить два полигона медью на всю ширину печатной платы. Разделить эти два полигона маленькой перемычкой в одном месте. Один большой полигон для аналоговой земли, второй полигон меди выделяется для цифровой земли. Это необходимо для исключения прохождения помех через цепи заземления;
- соединить выводы микроконтроллеров и других электрических компонентов с землей через переходные отверстия;
- добавить слой питания, на котором заливаются несколько полигонов питания с разным значением напряжения;
- соединить входы компонентов с полигонами питания через переходные отверстия;
- переместить элементы на схеме ближе. Это возможно благодаря освободившемуся месту между элементами;
- провести трассировку компонентов, удовлетворяющую условиям электромагнитной совместимости.

После изменения структуры печатная плата будет меньше по габаритам, а также менее подвержена посторонним и внутренним помехам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тахаутдинов Р. Многослойные печатные платы. Первые шаги в освоении операции прессования. / Р. Тахаутдинов. – Текст : электронный // Технологии в электронной промышленности. – 2010. - №3. – URL : https://tech-e.ru/wp-content/uploads/2010_03_28.pdf (дата обращения: 12.11.2022)
2. Digitrode.ru : сайт. – URL : <http://digitrode.ru/> (дата обращения 12.11.2022). - Текст : электронный.

Научный руководитель: Гайнуллина Н. Р., канд. техн. наук, доцент

УДК621.314

СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА ШКАФОВ АВТОМАТИКИ НА ОСНОВЕ ФОЛЬГОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ

Голобоков С. В.¹, канд. техн. наук, доцент, golobokov_sv@mail.ru

Душутин К. А.², канд. техн. наук, доцент, dushutink@mail.ru

Облизин М. А.¹, бакалавр, oblizin.max@yandex.ru

¹г. Пенза, Пензенский государственный университет

²г. Саранск, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Аннотация. В статье выполнен анализ технических характеристик фольговых нагревателей. Рассмотрены особенности применения фольговых нагревателей для обогрева шкафов промышленной автоматики.

Ключевые слова: Фольговый нагреватель. Температура. Распределение температур. Тепловая мощность. Шкаф автоматики.

Применение современных устройств автоматики в климатических зонах Крайнего Севера и Дальнего Востока нашей страны ограничено условиями окружающей среды. В некоторых машинах, технологическом оборудовании и транспортных системах требуется поддерживать температурный режим, обогревать трубопроводы, емкости с жидкостями, пневмо- и гидроприводы. В большинстве случаев требуются мероприятия защиты оборудования от гололеда, образования инея и борьбы с конденсатом.

Для выполнения требований ГОСТ 15150-69 применяются системы локального нагрева. Самыми критичными режимами в условиях низких температур является холодный пуск. Запуск оборудования после перерыва в работе требует размещения блоков автоматики в шкафах и создания в них микроклимата. Такое решение обеспечивает уверенный запуск при любых

условиях окружающей среды, но требует расхода энергоресурсов и дополнительного времени на подготовку неработающего оборудования.

Системы обогрева шкафов промышленной автоматики включают в себя контроллер, блок питания, комплект датчиков температуры, нагревательные элементы, вентиляторы, модуль связи [1]. Конфигурация системы и алгоритмы управления зависят от точности поддержания и градиентов температуры внутри шкафов автоматики [2]. В большинстве случаев система стабилизации температуры блоков автоматики интегрируется в систему управления тепловыми режимами основного оборудования.

В качестве нагревательных элементов можно использовать современные фольговые нагреватели. Электротехническая промышленность освоила выпуск нескольких видов плоских нагревателей – фольговые, проволочные, пленочные [3]. Нагреватели выпускают на гибких подложках – полиамидных, лавсановых, каптоновых, полиэтиленовых, или на твердых подложках – керамических, металлических, миканитовых. Внешний вид пленочного фольгового нагревателя представлен на рис.1.

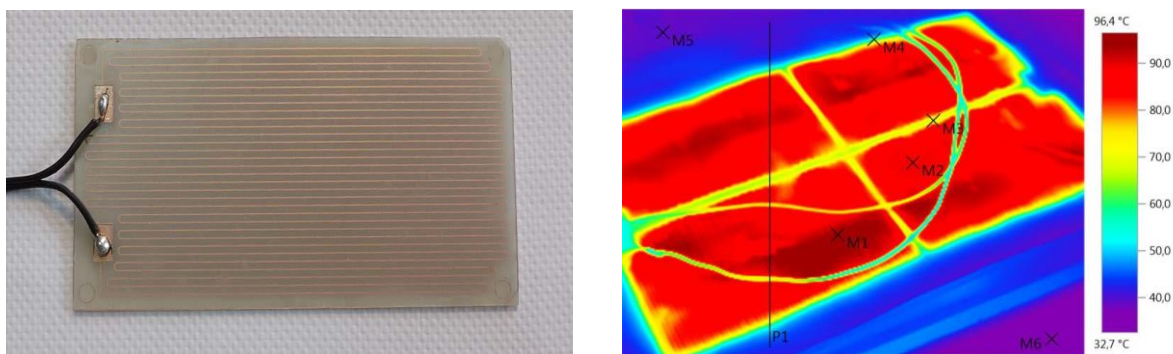


Рис. 1. Пленочный фольговый нагреватель и распределение температуры по его поверхности

Для формирования равномерного теплового потока по всей площади нагревателя применяется структура в виде меандров. Пример равномерного распределения температуры по поверхности элемента представлен на тепловом снимке рис. 1. Сверху меандры закрыты изоляционным слоем. Для крепления на поверхность применяются металлические нажимные пластины. Нагревательный элемент изготавливается требуемой конфигурации и может содержать необходимые технологические отверстия и окна. Контактные площадки располагают в удобном для подключения месте.

В некоторых случаях на одной подложке можно сформировать несколько нагревателей разной мощности [3]. Для контроля температуры на этой же подложке выполняют несколько терморезисторов. Примеры таких интегрированных нагревателей приведены на рис.2. Подача питания выполняется гибкими проводами, подключенными методом пайки, контактной сварки или зажимом.

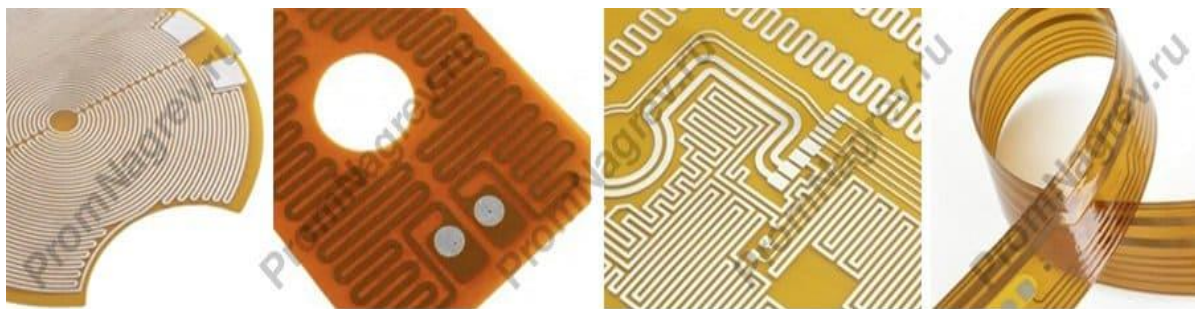


Рис. 2. Варианты топологии нагревательных элементов

Самыми требовательными элементами в составе блоков автоматики являются полупроводниковые элементы – микросхемы, контроллеры, процессоры, элементы памяти. С целью повышения энергоэффективности не требуется обогревать все внутренне пространство шкафа автоматики [2]. Достаточно поддерживать температурный режим в локальной зоне, где расположены полупроводниковые компоненты.

Для таких систем идеальным нагревателем является пленочный. Малая толщина и высокое быстродействие позволяют разместить его на теплоизолированной платформе и сверху установить контроллер. За счет малой массы и объема нагреваемой зоны при холодном запуске устройства будет минимальный расход электроэнергии и малое время на подготовку контроллера к включению. Особенно эффективно применение системы стабилизации температуры на основе пленочных нагревателей в блоках релейной защиты и автоматики электрических распределительных сетей. Оборудование сетей размещается на открытых площадках и подвергается атмосферным осадкам и воздействиям низких температур.

Применение быстродействующих пленочных нагревателей уменьшает время подготовки и снижает расход электроэнергии. Уменьшение зоны нагрева дает многократную экономию электроэнергии. С учетом большого количества шкафов автоматики применение пленочных нагревателей в масштабах завода дает значительный экономический эффект. При этом выполняются требования по обеспечению надежности электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обогреватели шкафов автоматики. — Текст : электронный // Каталог ООО «Завод Уралспецгрупп». — 2018. — URL : <https://usgz.ru/osh>. (дата обращения: 20.10.2022)

2. Обогрев импульсных линий и шкафов КИПиА. — Текст : электронный // Кабельный электрообогрев «Эликс». — 2014. — URL : <https://elix.ru/dlya-promyshlennosti/obogrev-impulsnyh-linij-kipia/> (дата обращения: 12.09.2020)

З. Сотников М. В. Применение плоских нагревателей в системах стабилизации температуры блоков автоматики / М. В. Сотников, М. А. Облизин, С. В. Голобоков. – Текст : непосредственный // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации : материалы XIII Междунар. науч.-технич. конф. - Пенза, 2021. – С. 195-204.

УДК 628.977.2

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ КОЛЛЕДЖА

Дьяченко В. М., преподаватель, verasun71@mail.ru

Макарова И. Н., преподаватель, makarova_mur@mail.ru

г. Муравленко, Муравленковский многопрофильный колледж

Аннотация. В настоящей статье рассматривается вопрос модернизации существующих систем освещения учебных заведений на примере колледжа. Модернизация существующей системы не требует больших финансовых вложений, но позволяет сократить потребление электрической энергии, учитывая условия эксплуатации помещений учреждения. Предлагается внедрить в существующую систему освещения датчики освещенности и датчики движения.

Ключевые слова: энергосбережение, модернизация, управление, освещение.

В современных условиях одним из ключевых направлений в деятельности органов местного самоуправления является экономное и рациональное использование энергоресурсов. В статье рассмотрены эффективные способы для энергосбережения и снижения потребления электроэнергии на освещение здания колледжа.

В колледже уже была проведена модернизация системы освещения (в кабинетах, коридорах, аудиториях, вспомогательных помещениях) с заменой имеющихся светильников, оснащенных люминесцентными лампами и лампами накаливания на энергосберегающие светодиодные светильники.

Однако на этом стремление к совершенствованию системы энергообеспечения здания с целью экономии потребления электроэнергии не закончилось.

Принимая во внимание, что рабочий день в колледже длится с 8:30 до 17:12 часов, график обучения в одну смену с 8:00 до 15:00 был проведен ряд исследований проходимости и посещаемости помещений колледжа, сделаны следующие заключения:

- в районах Крайнего Севера в период с октября по апрель (период обучения) сокращается световой день, что приводит к росту потребления электрической энергии;

- в период с 15:00 до 17:12 освещение коридоров и лестничных пролетов осуществляется в полном объеме, хотя в здании в это время находится только административный персонал;

- в здании колледжа наблюдается неэкономное использование электроэнергии;

- управление освещением производится в ручном режиме персоналом колледжа;

- во время занятий наблюдается нерациональное использование осветительных приборов [1], [2].

Для повышения эффективности управления освещением в учебном учреждении рассмотрен вопрос о внедрении инновационных технологий, связанных с использованием энергосберегающих и светотехнических технологий. С сохранением оптимального уровня освещенности согласно СанПиНу 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» (далее – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03) и норм качественных характеристик света согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 и СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (далее – СП 52.13330.2016) [3], [4].

Предлагается модернизировать существующую систему освещения здания для экономии электрической энергии с разделением уровня освещенности по периодам проведения учебных занятий и пребывания в здании административного персонала и педагогического состава.

В аудиториях и кабинетах колледжа:

- разделить общее освещение аудитории на несколько зональных групп;

- провести оптимизацию планировки рабочих мест;

- установить датчики освещенности с плавным регулированием светового потока светильников, в зависимости от уровня естественной освещенности, для регулирования уровня освещенности в аудиториях во время занятий с 8:00 до 15:00;

- провести перераспределение мощностей между общим и местным освещением в пользу второго (на рабочих местах преподавателей).

В здании колледжа во время отсутствия занятий с 15:00 до 17:12, когда в здании находятся только административный персонал и часть педагогического состава:

- в коридорах и на лестничных площадках установить датчики движения для включения и выключения света в проходах, на лестничных маршах, в зонах работы видеокамер охранных систем;

- в учебных аудиториях каждое рабочее место преподавателя оснастить датчиками присутствия и освещенности, передающими данные в компьютер (блок управления), где формируются команды, идущие на автоматические выключатели и диммеры. Таким образом поддерживается постоянный уровень (в соответствии с нормами) освещенности рабочих мест в присутствии персонала независимо от погоды и времени суток.

На систему уличного освещения территории колледжа установить датчики на основе фотореле, для автоматического включения и выключения наружного освещения [5].

Внедрение указанных технологий позволит ожидать снижение затрат на оплату электрической энергии, а также увеличить рабочий ресурс имеющихся светильников.

Ожидаемое снижение затрат на оплату электрической энергии при тарифе 3,17 руб./кВтч представлено в таблице 1.

Таблица 1

Технические и экономические показатели реализации мероприятий

Наименование	Потребление электрической энергии за год, кВт.ч.		Ожидаемый эффект от модернизации	
	Фактическое до модернизации	Ожидаемое после модернизации	Экономия электроэнергии кВтч/год	Экономия руб*
ГБПОУ ЯНАО «Муравленковский многопрофильный колледж»	166 155	144 555	21 600	68 472,48

Потребление электрической энергии колледжем за 2021 год и ожидаемый эффект от модернизации представлены на Рис. 1.

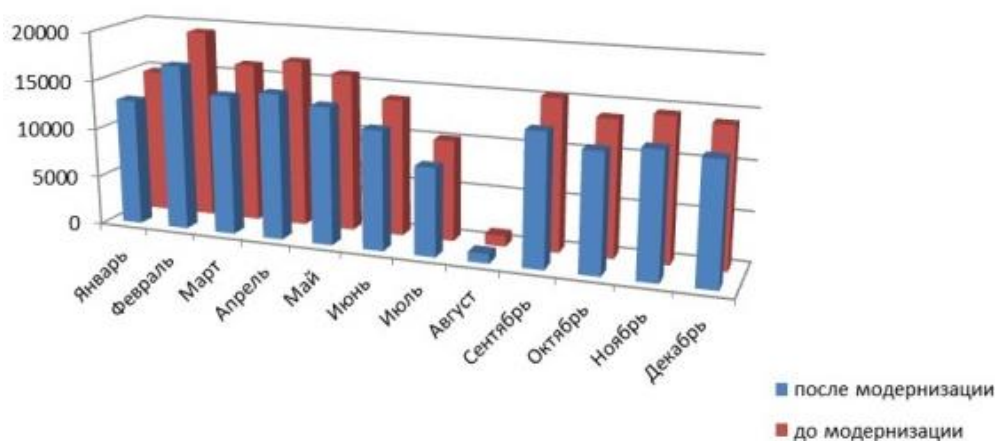


Рис. 1. Потребление электрической энергии за 2021 год, кВтч. и ожидаемый эффект от модернизации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ИНТЕРА ЛАЙТИНГ: ООО «ТПК Интера Лайтинг» : сайт. – URL : https://interalighting.ru/blog/4282_energoberegayushchie-osveshchenie (дата обращения: 08.11.2022). – Текст: электронный.

2. Некоммерческое партнерство инженеров : АВОК : сайт. – URL : https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6656 (дата обращения: 08.11.2022). – Текст: электронный.

3. СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий : издание официальное : введены в действие Постановлением Главного государственного врача РФ от 06.04.2003 №34 : Санкт-Петербург : ДЕАН, 2003. – 48 с. – Текст : непосредственный.

4. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* : СП 52.13330.2016 : утв. Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Приказом от 07.11.2016 г. N 777/пр: ввод в действие с 08.05.2017. - Москва : ЭНАС, 2021. – 165 с. – Текст : непосредственный.

5. Насотке.ру : Фотореле для уличного освещения – как работает, виды и установка : сайт. – URL : <https://nasotke.ru/svetovoe-fotorele-vremeni-ulichnogo-osveshhenija-ustanovka.html> (дата обращения: 11.11.2022). – Текст: электронный.

УДК 621.316

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Емельянов А. С., магистрант, ase38@tpu.ru

г. Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Аннотация. В статье рассматриваются особенности использования цифровых технологий в организациях топливно-энергетического комплекса. Приведены основные проблемы в производстве энергетической промышленности. Представлены предпринятые шаги и инновационные действия, осуществляемые предприятиями энергетического сектора. Анализируется инновационная деятельность, предпринятая и реализуемая предприятиями энергетического сектора.

Ключевые слова: инновация, энергоэффективность, цифровизация, цифровые двойники, энергетическая промышленность.

Управление предприятиями энергетического сектора сосредоточено на важных направлениях деятельности - оцифровка сектора и развитие в направлении нулевых выбросов и устойчивого развития. Способность адаптироваться к требованиям правового, экологического или технологического характера позволяет предприятиям внедрять новые решения, действующие на рынке, в короткие сроки. Если предприятие использует гиб-

кие процессы и интеграцию с высокотехнологичными системами, то это позволяет создать цифровое предприятие. Такое производство было бы основано на виртуальной реальности и интегрированных решениях из мира автоматизации, и роботизации.

Направление и действия, предпринятые в процессе управления предприятиями в энергетическом секторе, показаны на рисунке 1 [1, с. 1].

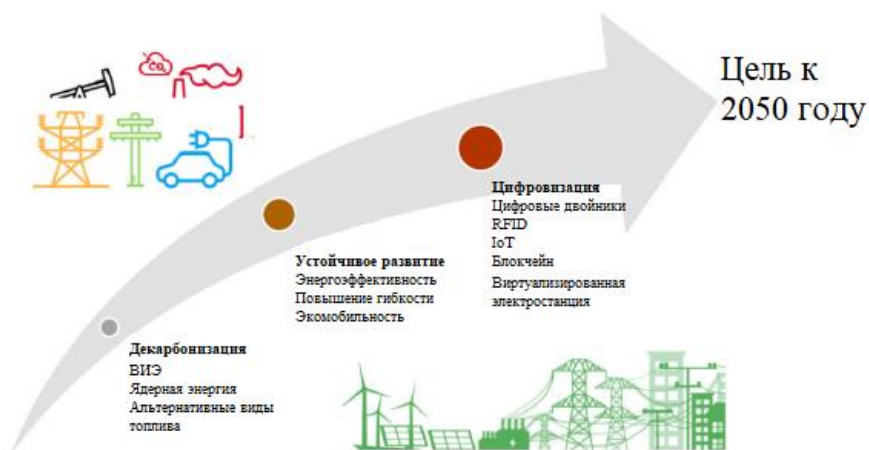


Рис. 1. Направление развития энергетического сектора

За последние десятилетия правительства и экономики многих стран всё больше внимания уделяли инвестированию в энергоэффективность. Предпринятые действия в основном касаются совершенствования производственных процессов, внедрения новых технологий и модернизации устройств и зданий. Программы повышения энергоэффективности в промышленности стали одной из самых популярных государственных стратегий, направленных на снижение энергопотребления в энергоёмких отраслях промышленности [1, с. 3]. Эффективность в экономике или в промышленности может рассматриваться как эффективность с производственными процессами или энергоэффективностью. Эффективность производственных процессов определяется как результат экономической деятельности, который является отношением полученного эффекта к затратам.

Цифровые двойники в энергетическом секторе – это виртуальные – и часто в режиме реального времени – представления физических сетевых активов. Цифровые двойники помогают коммунальным предприятиям улучшить планирование и спецификации, операционную эффективность и обучение персонала. Они также предлагают способ стресс - тестирования важных активов и систем в рамках подготовки к широкому спектру сценариев, включая суровые погодные явления [2].

Соединение объектов на микроуровне с помощью Интернета вещей (IoT) открывает беспрецедентный шлюз, позволяющий электриче-

ским устройствам вносить свой вклад в энергетическую систему, создавая ещё большую экосистему для распределённых энергоресурсов [3].

Таким образом, цифровые инновации в энергетической отрасли, чему способствовало появление Интернета вещей, обеспечили удобный подход для интеграции нечеловеческих элементов в управленческие стратегии цифровых инноваций и соответствующей экосистемы [3].

Рациональное использование энергии способствует экономическому развитию, и для удовлетворения такого спроса на развитие необходимо провести структурную модернизацию энергопотребления и финансирование инноваций для получения большей экономической выгоды. С политической точки зрения, структура финансирования низкоуглеродных инноваций, основанных на низкоуглеродной экономике, может быть предоставлена правительством для интеграции экологической политики и инновационной политики, которые могут быть разработаны с различных точек зрения. Спешное принятие корпоративных действий и использование низкоуглеродных экоинноваций в борьбе с изменением климата зависит от характера ресурсов и поддержки, доступных организации [3].

Социальные инновации потребуются для эффективного перехода к низкоуглеродной энергетической системе, что включает деятельность, связанную с социальными целями для достижения общего благосостояния сообщества и расширения гражданских прав и возможностей. Чаще всего технический и социальный аспекты энергетической системы исследуются отдельно, однако последний имеет решающее значение для принятия обществом таких инноваций [3].

Сама по себе диффузия инновации представляет собой процесс, связанный с распространением инновации в течение определённого периода времени. Таким образом, инновации могут быть приняты группой людей, которых называют новаторами, первичными последователями, вторичными последователями и бездельниками. Теория, связанная с распространением инноваций, была сосредоточена на анализе социальной сети, позволяющей наращивать давление со стороны сверстников в результате положительной обратной связи от первоначальных благодетелей таких инноваций. В тесной взаимосвязи с экоинновациями и экологической политикой инновационная политика со стороны спроса также может предложить решение, направленное на преодоление трудностей, связанных с распространением инноваций на частном рынке [3].

Энергетические услуги для основного потребителя (в перспективе): энергия не потребляется просто путём её покупки, а скорее должна быть преобразована из природы в формы, обеспечивающие такие услуги, как электроэнергия для бытовых приборов. В целом эффективное использование энергии связано с предоставлением таких услуг, как вентиляция, отопление, освещение и двигательная энергия [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Borowski P. F. Digitization, Digital Twins, Blockchain, and Industry 4.0 as Elements of Management Process in Enterprises in the Energy Sector / P. F. Borowski. – Direct text // Energies. – 2021. - №3. – P. 1-21.

2. Editorial team : site. – URL : <https://www.iec.ch/> (date of the application 18.11.2022). - Text : electronic.

3. Uses of the digital twins concept for energy services, intelligent recommendation systems, and demand side management: A revive / A/ E. Onile, R. Machliev, E. Petlenkov [et al.]. - Direct text // Energy reports. – 2021. – Vol. 7. – P. 997-1015.

УДК 621.3

СПОСОБЫ ДИАГНОСТИКИ И ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ОТ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Зольников Д. Н., магистрант, zzzolnikov@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. асинхронные двигатели нашли широкое применение в современном мире. Трехфазные асинхронные двигатели используют до 80% потребной мощности на различных предприятиях. Целью исследования является выделение способов диагностики и защиты асинхронных двигателей от неисправностей. В статье приводится статистика по наиболее частым неисправностям при работе асинхронных двигателей, приведены способы диагностики неисправностей и способы защиты от основных аварийных ситуаций.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, неисправность, диагностика, защита.

Трехфазные асинхронные двигатели (рис. 1) получили наибольшее распространение в современном мире. Опыт эксплуатации на разных предприятиях показывает, что данные типы двигателей используют до 80% всех потребляемой мощности.

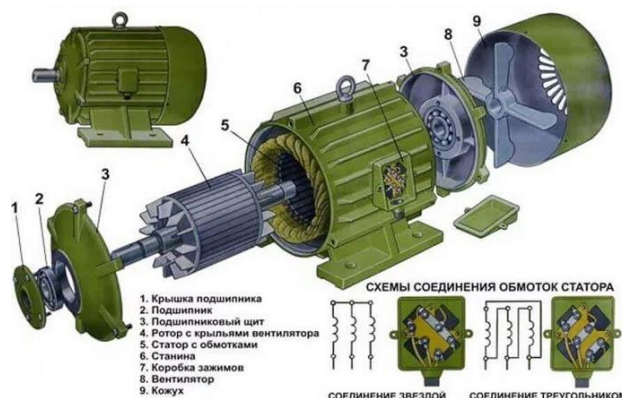


Рис. 1. Двигатель асинхронный трехфазный

Наиболее распространен асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. При эксплуатации электродвигателей с короткозамкнутым и фазным ротором могут возникнуть механические и электрические неисправности (рис. 2).



Рис. 2. Неисправности электродвигателей с короткозамкнутым и фазным ротором

Согласно статистике, наибольший отказ при работе асинхронных двигателей приходится на перегрузку и перегрев статора, межвитковое замыкание и повреждение подшипников (рис. 3) [1].



Рис. 3. Статистика неисправностей асинхронных двигателей

Для предупреждения нарушения работы асинхронных двигателей необходимо проводить мероприятия по диагностике состояния их работы. Методы диагностики можно разделить на две группы: тестовой диагностики и функциональной диагностики (рис. 4) [2].

В зависимости от аварийной ситуации могут применяться различные методы защиты асинхронных двигателей – плавкие вставки при защите от перегрузок и коротких замыканий, тепловое реле при тепловой защите, автоматические выключатели при защите от исчезновения фазы и другие [3].



Рис. 4. Современные методы диагностики асинхронных двигателей

Таким образом, при эксплуатации асинхронных двигателей могут возникнуть неисправности в работе. Диагностика неисправностей и защита от аварийных ситуаций имеют большое значение при эксплуатации асинхронных двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахарев А. В. Анализ методик оценки технического состояния электродвигателя / А. В. Бахарев, А. Д. Умурзакова. – Текст: непосредственный // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : материалы III Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово, 2017. – С. 402.

2. Сидельников Л. Г. Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации / Л. Г. Сидельников, Д. О. Афанасьев. – Текст: непосредственный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета Геология Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – Т. 12, № 7. – С. 127-137.

3. Защита асинхронного двигателя – способы и схемы. – Текст : электронный // СЗЭМО : сайт. - 2022. - URL : <https://www.szemo.ru/press-tsentr/article/zashchita-asinkhronnogo-dvigatelya-sposoby-i-skhemy> (дата обращения : 10.11.2022).

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

УДК 621.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ СРЕДНЕЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ

Зыкин П. В.¹, аспирант, pavel@youbp.ru

Хамитов Р. Н.^{1,2}, д-р техн. наук, профессор, apple_27@mail.ru

¹Г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

²Г. Омск, Омский государственный технический университет

Аннотация. Актуальным вопросом для исследований является применение систем автоматизированного управления для контроля и регулирования показателей продольной подачи токарного станка с ЧПУ. Разработка системы управления позволит решить комплексную задачу контроля качества обработанной поверхности детали. Важным направлением работы являлось определение закона с математической точки зрения, по которому будет выполняться контроль качества обрабатываемой поверхности с последующим регулированием скорости движения режущего инструмента и скорости вращения электропривода. В результате проведенного исследования получена математическая зависимость, позволяющая определить степень отклонения показателя средней шероховатости от требуемого табличного значения. Правильность выполненного расчета подтверждена графически. Полученная зависимость ляжет в основу следящей системы управления электроприводом токарного станка с ЧПУ на нечеткой логике.

Ключевые слова: шероховатость поверхности, теоретическая зависимость, среднее значение ошибки.

Эффективность применения системы управления на базе нечеткой логики чаще всего достигается за счет его работы, которая характеризуется фазовым портретом и поверхностью отклика на треугольные функции принадлежности по отклонению и скорости.

Максимальная точность достигается в том случае если построение выполнено на одном основании и поверхность отклика показывает, что регулятор работает на всем диапазоне универсального множества, как по отклонению, так и по скорости.

Опираясь на выявленные в рамках статьи [1] закономерности, есть возможность обеспечить стабилизацию и при необходимости регулирование показателей средней шероховатости обработанной поверхности детали

в процессе точения. Теоретические зависимости показателя шероховатости Ra от подачи определены на основании справочных данных [2].

На основании данных выше представленной таблицы значение показателя Ra вычисляется по формуле (1):

$$Ra = \frac{43,9 \cdot f_{ot}^2}{r_\varepsilon} \quad (1)$$

где Ra – средняя шероховатость обработанной поверхности, мм; f_{ot} – подача на один оборот, мм/об; r_ε – радиус закругления вершины инструмента $r = 1,5$ мм.

Полученная зависимость (1) позволяет рассчитывать значения терм для любого показателя шероховатости поверхности обрабатываемой детали с учетом вероятной погрешности. Результаты примерного расчета для шероховатости (Ra 3.2мкм) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения терм для шероховатости (Ra 3.2 мкм)

	-0,001	0	0,001
S,об/мин	0,3041	0,3061	0,3081
	-0,001	0	0,001
Ra, мкм	3,1600	3,2	3,2389

В результате расчета установлено, что для получения шероховатости Ra 3.2 мкм требуется обеспечить подачу режущего инструмента S равной 0,3061 мм/об. Полученные результаты целесообразно отобразить графически в виде фазового портрета и поверхности отклика, так как показано на рис. 1.

Для обеспечения оптимизации показателя шероховатости (Ra) требуется рассчитать величину скорости изменения шероховатости. Для этого необходимо вычислить производную от показателя Ra . Результат расчета представлен в виде выражения (2):

$$(Ra)' = \left(\frac{43,9 \cdot S^{1,88}}{r^{0,97}} \right)' = \frac{43,9}{r^{0,97}} \cdot 1,88 \cdot S^{0,88} = \frac{82,532}{r^{0,97}} \cdot S^{0,88} \quad (2)$$

Полученное в результате выражение отображает степень возрастания ошибки, (степень отклонения показателя средней шероховатости от требуемого табличного значения). Таким образом, показатель отклонений термов, ранее рассчитанных в табл. 1 представлен в табл.2.

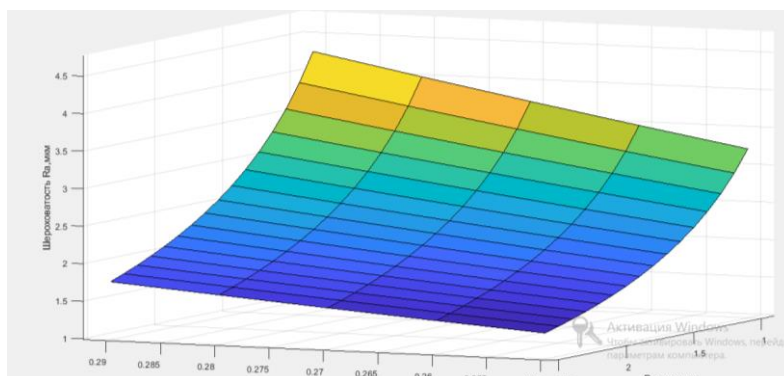


Рис. 1. Фазовый портрет и поверхность отклика для обеспечения шероховатости Ra 3.2 мкм

Таблица 2

Значения терм для шероховатости (Ra 3.2 мкм)

	-0,001	0	0,001
S, об/мин	0,3041	0,3061	0,3081
	-0,001	0	0,001
Ra, мкм	3,1600	3,2	3,2389
$(R_a)'$	19,5375	19,6505	19,7634

Таким образом, для вычисления показателя средней шероховатости обработанной поверхности детали в процессе точения получена математическая и графическая зависимости подачи режущего инструмента и радиуса закругления его вершины. Зависимость ляжет в основу следящей системы управления на нечеткой логике [3].

Для обеспечения стабилизации средней шероховатости в рамках требуемого качества точности получен способ определения показателя нарастания несоответствия точности обработки (нарастания ошибки).

Построение графических зависимостей средней шероховатости обработанной поверхности детали осуществлялось при использовании следующего уравнения: $Z = 43.9 * (X.^{1.88})./(Y.^{0.97})$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хамитов Р. Н. База знаний и блок правил при нечетком регулировании качества поверхности при токарной обработке / Р. Н. Хамитов, П. В. Зыкин. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы энергетики : материалы Междунар. науч-практ. конф. – Омск, 2021. – С. 108-112.

2. Петряева И. А. Многокритериальная оптимизация режимов резания в условиях переменности действующих ограничений / И. А. Петряева. – Текст : непосредственный // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: материалы Междунар. науч-практ. конф. – Донецк, 2021. – С. 81-86.

3. Lucas V. A. Theory of automatic control / V. A. Lucas. – Direct text // Bulletin of the Bellerbys College. Automated control systems. – Vol. 150, Is. 5. – P. 416-420.

УДК 621.311.243

АВТОНОМНАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА

Исаев И. А., бакалавр, ilia_isaev_std@mail.ru

Нефедьев А. И., д-р техн. наук, профессор, nefediev@rambler.ru

г. Волгоград, Волгоградский государственный технический университет

Аннотация. Дано описание системы учета расхода электроэнергии, вырабатываемой солнечной панелью. Рассмотрены способы мониторинга работы систем учета расхода электроэнергии. Приведена структурная схема автономной солнечной электростанции с системой мониторинга, позволяющей контролировать режимы работы и исправность всех элементов солнечной электростанции.

Ключевые слова: система мониторинга, солнечная батарея, электроснабжение, контроллер заряда.

На сегодняшний день большинство технологических процессов в различных областях промышленности, транспорте, медицине и т.п., связаны с потреблением и преобразованием электрической энергии [1].

Точные данные о количестве потребляемой энергии от солнечной панели необходимы для надежного электроснабжения жилых домов, предприятий, технологических процессов. Различные солнечные энергетические системы, как фотоэлектрические, так и тепловые для надежной работы требуют точные данные о состоянии всех элементов системы [2].

Простейший мониторинг данной системы можно осуществить путем установки **счетчика электроэнергии** между инвертором и нагрузкой. Регулярный контроль количества электроэнергии, производимой солнечной панелью, является необходимым для уверенности в правильной работе системы. В зависимости от конфигурации оборудования может быть использован один или несколько счетчиков [3].

Более совершенный мониторинг может быть организован с применением системы мониторинга, позволяющей отслеживать состояние всех частей системы, и управлять процессами заряда и разряда накопителя.

Обобщенная структурная схема автономной солнечной энергосистемы представлена на рис. 1.

В данной схеме нагрузка переменного тока подключается через автономный инвертор, преобразующий постоянное напряжение аккумулято-

ра в переменное напряжение 220 В синусоидальной формы. Нагрузка, нечувствительная к роду тока, может быть подключена к выходу конвертера, на выходе которого присутствует постоянное напряжение 300 В.

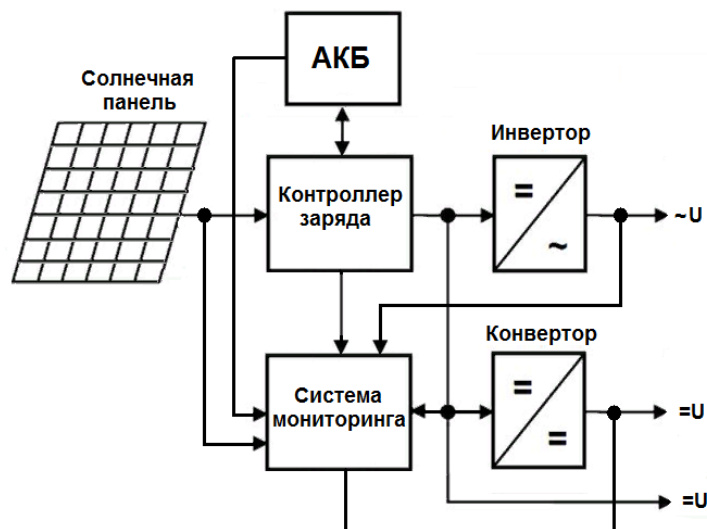


Рис. 1. Автономная солнечная электростанция

Низковольтная нагрузка постоянного тока может быть подключена непосредственно к АКБ (аккумуляторной батарее). Пиковая мощность, отдаваемая в нагрузку, ограничивается емкостью накопителя, а также мощностью инвертора и конвертера. Средняя мощность нагрузки на определяется положительным энергетическим балансом аккумуляторного накопителя энергии (с учетом коэффициентов полезного действия режимов работы инвертора и конвертера, а также состояния накопителя).

Очевидно, что для обеспечения энергоэффективного режима работы оборудования рассматриваемой автономной солнечной электростанции необходима интеллектуальная система мониторинга.

В связи с существенными суточными изменениями значения солнечной радиации, которые обычно не соответствуют сезонным и суточным изменениям графиков энергопотребления, электроснабжение децентрализованных объектов только от возобновляемых источников энергии практически невозможно. Поэтому область их применения, как правило, ограничена отдельными потребителями мощностью в пределах единиц киловатт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудярова А. А. Автономное электроснабжение частных домов на основе солнечных электростанций / А. А. Кудярова, Л. Н. Хузина, Д. А. Ялалетдинова. — Текст : непосредственный // Электротехнические комплексы и системы : материалы Междунар. науч. конф. — Уфа, 2015. — С. 27-31.

2. Лукутин Б. В. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями : учебное пособие / Б. В. Лукутин, И. О. Муравлев, И. А. Плотников. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 130 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.3.031

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЯНОГО ГАЗА В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Кадырмятов Ю. Р., бакалавр, yulian.02@bk.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Россия является третьей страной в мире по объемам добываемой нефти и владеет практически четвертью мировых запасов природного газа. В связи с этим вопрос повышения надёжности электроснабжения предприятий, добывающих полезные ископаемые, предельно актуален. В данной статье будет описан классический способ питания предприятий и, в сравнение с ним, будет предложен метод электроснабжения от автономных источников, который будет способствовать бесперебойной работе нефтегазодобывающего комплекса.

Ключевые слова: электроснабжение, нефтедобыча, автономные источники.

Как известно, правила устройства электроустановок (ПУЭ) разделяют электроприёмники по важности обеспечения надёжного электроснабжения. Предприятия нефтегазодобычи могут содержать как электроприёмники первой категории, перерыв в электроснабжении которых может повлечь значительный ущерб, в связи с расстройством сложного технического процесса, на пример могут возникнуть осложнения с возобновлением работы скважины, в следствии образования песчаных пробок, так и электроприёмники второй категории, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции. В связи с этим можно сделать вывод, что питание предприятий, добывающих нефть, должно быть бесперебойным.

В стандартном исполнении предприятия нефтегазодобывающего комплекса питаются от централизованных сетей электроснабжения и генераторов собственных нужд, использующих в виде топлива дизель, пропан, бензин и т.д. Такая система электроснабжения способна обеспечить электроприёмники первой категории непрерывным питанием, но не всегда это является самым выгодным способом электроснабжения [1.].

В районах, где производится интенсивная нефтедобыча, вместе с нефтью извлекается нефтяной газ, образующийся в результате снижения давления. Данный газ можно использовать как источник основного, ре-

зервного или аварийного электропитания. В настоящее время нефтяной газ может служить сырьём для газопоршневых, газотурбинных двигателей и микротурбин [2.].

Использование нефтяного газа в виде основного или добавочного источника электроэнергии может значительно сократить расходы при постройке или эксплуатации нефтедобывающих комплексов в труднодоступных районах, к тому же использование энергии, полученной из нефтяного газа, для питания самой добычи значительно целесообразней простого сжигания этого же газа в факелах. Уменьшение количества сжигаемого газа в факелах ведёт к уменьшению вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, что благоприятно сказывается на экологии. Так же в соответствии с постановлением Правительства РФ от 8 января 2009 года №7 «О мерах по стимулированию и сокращению загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания ПНГ на факельных установках» с 2012 года целевой показатель сжигания ПНГ на факельных установках не должен превышать 5% от объема добычи. При превышении указанного целевого показателя предусматривается увеличение выплат за сверхлимитное загрязнение окружающей среды в 4,5 раза и более. Что указывает на необходимость использования нефтяного газа в целях, отличных от обычного сжигания в факелах [3.].

Вывод. Предприятия нефтегазодобывающего комплекса нуждаются в бесперебойном снабжении электроэнергией. Электроснабжение за счёт централизованной сети не всегда является самым выгодным и надёжным. Для увеличения надёжности, снижении денежных затрат и уменьшении выбросов вредных веществ в атмосферу, за счёт меньшего количества сжжённого газа в факелах, предлагается установка газопоршневых, газотурбинных двигателей или микротурбин потребляющих в виде топлива нефтяной газ, выделяющийся во время добычи нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович Б. Н. Электроснабжение нефтегазовых предприятий: учебное пособие для вузов / Б. Н. Абрамович, Ю. А. Сычев, Д. А. Устинов. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный горный институт, 2008. – 81 с. – Текст: непосредственный.

2. Турышева А. В. Повышение надежности и экономичности электроснабжения объектов нефтедобычи с использованием автономных источников электропитания: 05.09.03: дис. ... канд. техн. наук / А. В. Турышева; СПбГУ. – Санкт-Петербург, 2012. - 120 с. – Текст: непосредственный.

3. Попутный нефтяной газ : сайт. – URL : <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/141459-poputnyy-neftyany-gaz-png/> (Дата обращения: 13.11.2022). - Текст: электронный.

СРАВНЕНИЕ ТВЁРДОТЕЛЬНЫХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ РЕЛЕ

Кадырмятов Ю. Р., бакалавр, yulian.02@bk.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. С каждым годом генерация электроэнергии в мире возрастает. Чтобы передача и потребление данной энергии было более эффективным и безопасным, применяются разного рода реле. В данной статье будет выполнено сравнение двух, конкурирующих между собой, видов реле, твердотельных и электромеханических. На первый взгляд может показаться, что твердотельные реле, более новые и современные, во всём лучше своих конкурентов, но это не так. Данная работа чётко и ясно даст понять в каких ситуациях и для каких задач, стоит выбирать тот или иной вид реле.

Ключевые слова: твердотельное реле, электромеханическое реле, полупроводник.

Как твердотельные (ТТР), так и электромеханические реле (ЭМР), применяются в электроэнергетике и электронике, как устройства, выполняющие коммутационные функции. Электромеханическое реле являются самыми распространённым и старым видом реле. В основе действия данного реле лежит электромагнит, который приводит в движение металлическую лапку, замыкающую контакты. А твердотельное реле, в отличие от электромеханического, не имеет подвижных частей, выполняя коммутацию используя разного рода полупроводники, такие как резисторы, транзисторы, симисторы или тиристоры, см. Рис. 1.

Одним из главных преимуществ ЭМР перед ТТР является возможность подключения ЭМР к цепям, как на переменном, так и на постоянном токе, что увеличивает вариативность использования реле данного типа. ТТР же, в свою очередь, чётко подразделяются на реле переменного и постоянного тока, также очень важна полярность подключения [1.].

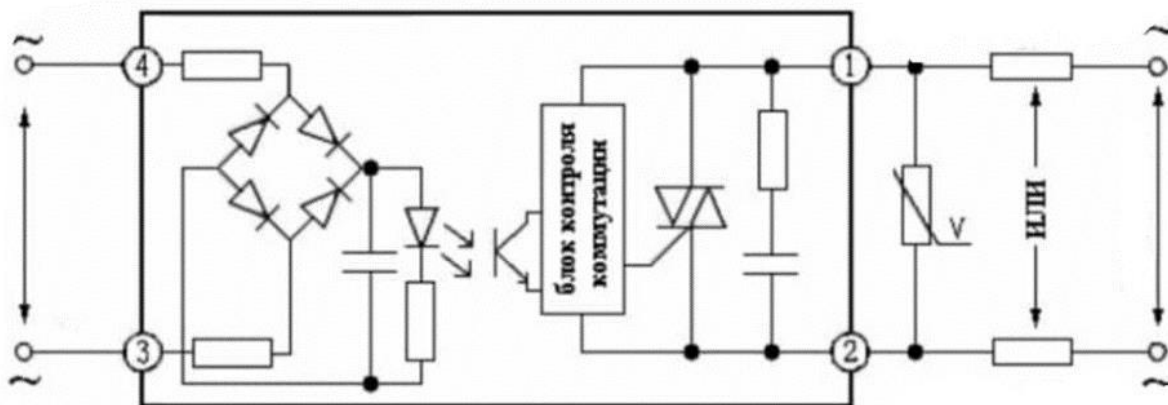


Рис. 1. Схема устройства твердотельного реле

ЭМР способен работать в большем диапазоне напряжений управления, нежели ТТР. Также одно и то же электромеханическое реле может включаться в цепи со значительно разными напряжениями. Твердотельные реле на это неспособны, потому что ограничены током пробоя кристаллов светодиодов [2.].

В пользу ТТР можно сказать, что из-за отсутствия подвижных частей, в своём устройстве, оно способно выдержать не менее миллиарда переключений. Данный показатель значительно превосходит количество переключений у ЭМР [3.].

Можно было бы сказать, что твердотельные реле компактнее электромеханических реле, но рассматривая данный параметр устройств, стоит обратить внимание на то, что ТТР сильно нагревается, причём чем больше мощность цепи, тем и больше нагрев. Чтобы избежать перегрева ТТР присоединяют к радиаторам, которые в несколько раз превышают размеры самих реле. Из этого можно сделать вывод, что размер твердотельного реле в сборке с радиатором примерно равен размеру электромеханического реле, а в некоторых случаях и превышает его [4.].

Неоспоримыми преимуществами ТТР перед ЭМР является малое энергопотребление, бесшумная работа и устойчивость к вибрации, что делает твердотельные реле более экономичными и приспособленными к работе в местах нахождения людей [5.].

Вывод. Нельзя однозначно сказать, что твердотельные реле значительно лучше электромеханических реле. Хотя электромеханическое реле было придумано значительно раньше твердотельного реле, оно является проверенным временем. На основании данной работы можно сказать, что в разных ситуациях должны применяться разные реле. На пример для более мощных цепей лучше подойдёт электромеханическое реле, а в ситуациях, когда нужна тихая и частая работа лучше подойдёт твердотельное реле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подключение твердотельного реле : сайт. – URL : <https://cable.ru/articles/id-2326.php> (Дата обращения: 13.11.2022). - Текст: электронный.

2. Твердотельное реле или электромагнитный контактор : сайт. – URL : <https://m.hi-ip.com/solid-state-relay-or-electromagnetic-contactor.html> (Дата обращения: 13.11.2022). - Текст: электронный.

3. What are the differences between Solid State Relays and Electromechanical Relay : сайт. – URL : <https://www.huimultd.com/en/information/Relays-Comparison/> (Дата обращения: 13.11.2022). - Текст: электронный.

4. Принцип работы и схема подключения твердотельного реле : сайт. – URL : <https://electricvdele.ru/elektrooborudovanie/datchiki/tverdotelnoe-rele.html> (Дата обращения: 13.11.2022). - Текст: электронный.

5. Электромеханические реле — типы и принцип работы : сайт. — URL : <https://electricadom.com/ehlektromekhanicheskie-rele-tipy-i-princip-raboty.html> (Дата обращения: 13.11.2022). - Текст: электронный.

УДК 620.92

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Камашева А. И., бакалавр, kamasheva_alina_17_03@mail.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной статье проведено исследование региональных особенностей развития альтернативной энергетики в России. Решение проблем в этой сфере является актуальным, поскольку с каждым годом обостряются экологическая ситуация, связанная с использованием традиционной энергетики. В результате исследования были приведены рекомендации к развитию альтернативных видов энергетики в Республике Татарстан.

Ключевые слова: альтернативные виды энергетики, ветроэнергетика, солнечная энергетика, гидроэнергетика, приливная энергетика.

Одной из важнейших проблем энергетики на данный момент является развитие альтернативных видов энергии и их экономическая эффективность. Россия, как и США и Китай, значительную долю электроэнергии вырабатывают с помощью тепловых электростанций. Около 63% всей выработанной электроэнергии в России приходится на теплоэнергетику. Существенная зависимость российской экономики от вредных для экологии способов добычи энергии создает массу проблем. Теплоэнергетика за последнее столетие нанесла существенный вред экологии страны, обострила проблему загрязнения воздуха, воды и почв. Решением обострившихся проблем может являться развитие альтернативной энергетики.

Современные ученые разработали множество способов добычи и выработки электроэнергии из энергии солнца, ветра, движения воды в реках, движения воды в океанах и морях, волн и океанов, биологических отходов и т.д., однако применение данных видов энергии в промышленных масштабах ограничено. На данный момент можно выделить четыре вида энергетики, имеющие положительные экономические перспективы развития: солнечная энергия, энергия ветров, энергия воды в реках и энергия приливов и отливов [2]. Однако, для обеспечения экономической эффективности применения данных видов альтернативной энергетики необходимо учитывать региональные особенности нашей страны.

Солнечная электроэнергетика позволяет производить электроэнергию с помощью реакции кремниевых пластин с солнечными лучами. Дан-

ный способ является эффективным, но достаточно требовательным. Дело в том, что для размещения полей солнечных панелей необходимо большое открытое пространство с высокой степенью инсоляции (облучением поверхности солнечным светом). Подобными ресурсами могут похвастать Дальневосточный, Южно-Сибирский и Северокавказский округа. Из-за изменения угла падения лучей в южных широтах уровень инсоляции достаточен для использования солнечных панелей в качестве источника электроэнергии. Существенную поправку может внести климат – работа солнечных электростанций более продуктивна там, где минимальное количество пасмурных дней.

Применение ветроэнергетики тоже имеет свои особенности. При выборе места размещения ветроэнергетической установки (ВЭУ) необходимо учитывать, что ротор ВЭУ начинает вращаться при скорости ветра не менее 4 м/сек., номинальная мощность ветродвигатель производит при скорости ветра 10,4 м/сек. ВЭУ желательно, чтобы среднегодовая скорость ветра была не менее 6 - 7 м/с. Санкт-Петербург, Кавказ и Северные регионы являются подходящими областями для эффективного развития и применения данного вида альтернативной энергетики. Перспективным для развития ветроэнергетики также является Республика Татарстан. Наибольшим потенциалом в Татарстане имеет площадка в Спасском районе. Также можно выделить площадки в Рыбно-Слободском и Камско-Устьинском районах [3].

Гидроэнергетика России отлично развита на данный момент. Причиной этому является изобилие рек на территории нашей страны. В таблице 1 приведены 10 крупнейших гидроэлектростанций, расположенных на берегах рек.

Таблица 1

Крупнейшие гидроэлектростанции России

Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Регион	Река
Саяно-Шушенская ГЭС	6 400	р. Енисей	Хакасия
Красноярская ГЭС	6 000	р. Енисей	Красноярский край
Братская ГЭС	4 500	р. Ангара	Иркутская область
Усть-Илимская ГЭС	3 840	р. Ангара	Иркутская область
Богучанская ГЭС	2 997	р. Ангара	Красноярский край
Волжская ГЭС	2 734	р. Волга	Волгоградская область
Жигулёвская ГЭС	2 488	р. Волга	Самарская область
Бурейская ГЭС	2 010	р. Бурей	Амурская область
Саратовская ГЭС	1 427	р. Волга	Саратовская область
Чебоксарская ГЭС	1 370	р. Волга	Чувашия

Гидроэнергетика является наиболее развитой альтернативной энергетикой. Развитие гидроэлектростанций, на сегодняшний день, зависит от развития технологий и финансирования отдельных регионов.

Приливные электростанции (ПЭС) до недавнего времени являлись экспериментальным видом альтернативного вида добычи энергии. Однако с момента постройки нескольких ПЭС и эффективной их эксплуатации, данный вид альтернативной энергетики стал рассматриваться как одним из перспективнейших. Принцип работы ПЭС основывается на смене гравитационного воздействия Луны и Солнца, в следствие чего возникает движение больших объемов воды. Основным условием эксплуатации данного вида энергетики является высокий уровень приливов и отливов, поэтому эффективным считает расположение ПЭС на берегах крупных морей и океанов. Данной особенностью обладают Мурманская, Архангельская и Магаданская области, а также Камчатский и Хабаровский край. Мурманскую и Архангельскую область омывают сразу два моря: Белое и Баренцево, а Магаданская область омывается сразу четырьмя морями. Благодаря этому приливные электростанции имеют большое будущее при надлежащем развитии [1].

Таким образом, Россия обладает большим потенциалом развития альтернативных видов энергетики. Так, солнечную энергетику стоит развивать в Дальневосточном, Южно-Сибирском и Северокавказском округах. Приливные электростанции обладают большими перспективами в Мурманской, Архангельской и Магаданской областях, а также в Хабаровском и Камчатском крае. Ветроэнергетика способна эффективно развиваться в Северных регионах, в Ленинградской области и на Кавказе. Гидроэнергетика успешно прогрессирует вдоль больших рек России, таких как Енисей, Ангара, Буряя и Волга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вертакова Ю. В. Альтернативная энергетика. Развитие зеленой экономики в энергетике / Ю. В. Вертакова. – Текст : непосредственный // Энергетическая безопасность. – 2017. - №3. – С. 24-26.
2. Бурганов Р. А. Решение институциональных проблем как фактор стабильного развития электроэнергетики / Р. А. Бурганов, Э. Р. Алтынбаева. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2014. - № 9-10. - С. 111-115.
3. Насырова Е. В. Анализ данных ветромониторинга в республике Татарстан / Е. В. Насырова, Н. Ф. Тимербаев, О. В. Леухина, И. Ю. Мазаров. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2019. - № 6. - С. 39-50.

Научный руководитель: Бурганов Р.А., д-р. экон. наук, профессор

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОАУДИТА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Кандауров А. В., канд. техн. наук, доцент, начальник инженерной службы,
kandaurov_2000@inbox.ru

г. Улан-Удэ, войсковая часть 05776

Аннотация. Оптимизация работы транспортных средств, особенно потребителей электроэнергии, в целях сохранения ресурса силовой установки (экономии топлива) является актуальной задачей. Применение системного анализа ко всем элементам бортовой сети образца позволяет разработать предложения по энергосбережению. Основные усилия необходимо сосредоточить на разработке систем управления, способных регулировать баланс мощности.

Ключевые слова: режим, энергоаудит, бортовая сеть.

В настоящее время процесс насыщения транспортных средств (базовых шасси) потребителями электроэнергии характеризуется как хаотический: к существующей конфигурации бортовой сети подключается новое оборудование, тогда как ее генерирующая часть зачастую остается неизменной. В большинстве случаев оптимизировать источник(и) электроэнергии не представляется возможным ввиду конструктивных ограничений [1].

На этапе проектирования образца техники производятся необходимые обоснования и расчеты, но необходимо учитывать, что рассматриваются комбинации и сочетания известных узлов и агрегатов.

Решение этой задачи целесообразно с применением методик энергоаудита. Энергетический паспорт технического средства должен отражать баланс потребления и показатели эффективности использования ресурсов в процессе деятельности, а также содержать энергосберегающие мероприятия. Для проведения такого энергоаудита необходимы сведения об оснащенности приборами учета, о потреблении энергетических ресурсов и его изменениях, а также по балансу электрической и тепловой энергии. Существенным ограничением является размещение приборов учета на транспортных средствах.

Необходимо отметить, что силовая установка любого транспортного средства предназначена для осуществления перемещения. Функция отбора мощности для преобразования механической энергии в электрическую является второстепенной.

Представляется целесообразным следующий порядок исследования:

- анализ перечня потребителей и источников объекта;
- анализ графиков работы (потребления энергии) объекта;
- разработка предложений по повышению эффективности потребления энергии.

Таблица 1

Анализ потребителей и режимов работы образца (вариант)

Потребители образца (КАМАЗ-4320)	движение лето		...		работа зима	
	$P, \text{ кВт}$	K_c	$P, \text{ кВт}$	...	K_c	$P, \text{ кВт}$
Освещение наружное (Фары ФГ-150В, ФГ-152) по 2 шт	0,40	0,5	0,2	...	0	0
Освещение внутреннее (плафоны ПВМ-71)	0,04	0,1	0,004	...	1	0,04
Заряд стартерных АКБ	0,10	0,9	0,09	...	0,9	0,09
Зарядное устройство	0,10	0,5	0,05	...	1	0,1
Аппаратура навигации	0,06	1	0,06	...	1	0,06
Мультимедийный терминал	0,01	0,5	0,005	...	1	0,01
Радиостанция	0,10	1	0,1	...	1	0,1
Общая мощность	0,81		0,51	...		0,40

В табл. 1 приведен пример анализа и режимов работы образца техники. Необходимо отметить, что применение коэффициента спроса K_c не позволяет получить полную информацию о многообразии режимов работы.

При организации системы электроснабжения всегда можно выделить оборудование, моменты включения и отключения которого происходят одновременно (неодновременно). Вызвано это структурой систем при жесткой технологической взаимосвязи в процессе выполнения задачи. Включения (отключения) оборудования могут быть заранее установлены (запрограммированы) или носить случайный характер [2] (Рис. 1).

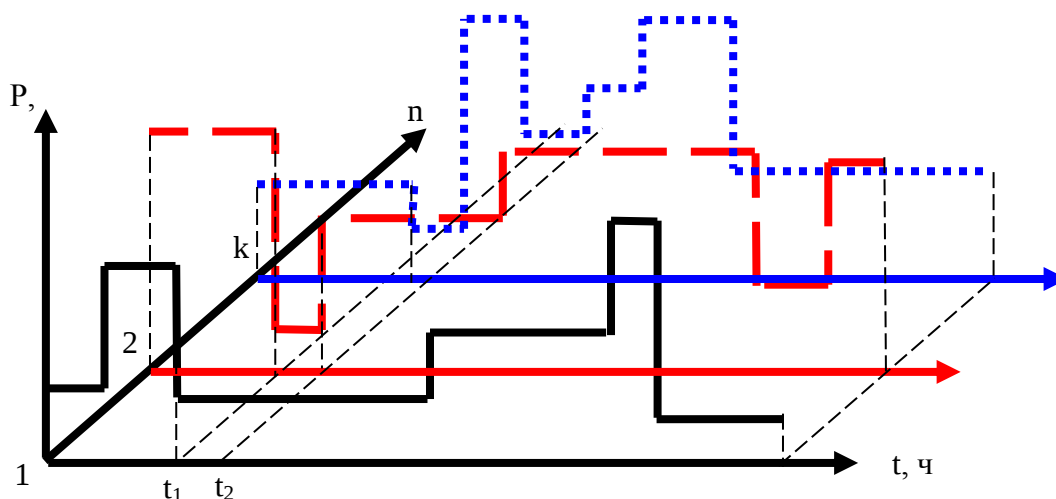


Рис. 1. Неодинаковость режимов работы оборудования по времени

На основе полученных данных о режимах работы образца техники разрабатываются предложения по повышению эффективности системы электроснабжения, направленные на изменение [3]:

- порядка применения потребителей (взаимоисключающая работа, ограничение работы ...);
- состава, системы или режима работы силовой установки [4] (применяемое топливо, источников электроэнергии, резервирование ...);
- системы управления бортовой сетью (алгоритмы работы).

Оптимизация электроснабжения транспортных средств является развивающимся направлением. Учет всевозможных режимов и состояний с помощью энергоаудита позволит сформировать предложения по сокращению расхода ресурса как потребителей, так и источников электроэнергии. Внедрение в процессы управления бортовой сетью элементов искусственного интеллекта позволит распространить ресурсосбережение на широкую линейку транспортных средств (базовых шасси).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнеев В. В. Методы оптимизации образцов вооружения и военной техники / В. В. Корнеев. – Москва : ВА БТВ, 1994. – 40 с. – Текст : непосредственный.
2. Лещинская Т. Б. Оптимизация систем электроснабжения / Т. Б. Лещинская. – Москва : МЭИ, 2002. – 45 с. – Текст : непосредственный.
3. Туревский И. С. Электрооборудование автомобилей : учебное пособие / И. С. Туревский, В. Б. Соков, Ю. Н. Калинин. – Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 368 с. – Текст : непосредственный.
4. Синев М. С. Основные характеристики и применение источников электрической энергии общевойскового назначения / М. С. Синев. – Москва : ВИА, 1991. – 135 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.311.4-52

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ РЗА И АСУ ТП НА ПОДСТАНЦИИ

Киприн В. Л., магистрант, kiprin_v@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье предлагается рассмотреть вопросы интеграции системы РЗА и АСУ ТП с применением стандарта МЭК-61850, для оптимизации структуры подстанции как единого комплекса защиты, автоматизации и управления энергообъекта распределительной сети 6-35 кВ.

Ключевые слова: цифровизация, интеграция, централизованный подход, АСУ ТП, РЗА, системы защиты автоматизации и управления.

На сегодняшний день существует большое количество подходов к цифровизации и автоматизации подстанций [1]. В зависимости от уровня

ответственности перед энергосистемой и потребителем, а также уровнем финансирования различных объектов применяются как простые схемы и алгоритмы, основанные на передаче дискретной информации по медным контрольным кабелям в системе РЗА так и для систем АСУ ТП и телемеханики, применяются цифровые шины типа RS-485 по протоколу modbus либо аналогичных (МЭК-60870-101,103). Более сложные системы основаны на современных IT технологиях с применением стандарта МЭК-61850 и технологии Ethernet, где строятся современные локально вычислительные сети и вся информация между устройствами передается в цифровом виде [2]. При реализации как простых, так и сложных архитектур цифровизации применяются микропроцессорные устройства РЗА и АСУ ТП, которые по своим возможностям превосходят требуемый потенциал и являются промышленными компьютерами, которые могут не только обмениваться информацией между собой в цифровом виде, но и выполнять логическую обработку всей необходимой информации [3]. Поэтому становится актуальным вопрос к переходу интеграции систем РЗА и АСУ ТП на новый уровень технической и информационной оснащенности. Для реализации этих задач на сегодняшний день применяют стандарт МЭК-61850 который позволяет объединить все системы подстанции в единую информационную сеть [4].

При переходе на новые IT технологии открываются новые возможности для развития энергосистемы, однако при внедрении новой технологии необходимо проверить не повлияет ли это на надежность системы, соответствие существующих технологий, оценить возможности реализации, найти слабые места и методы их решения. Этот переход необходим для повышения уровня автоматизации, наблюдаемости, сокращения затрат на стадии проектирования (типизация решений), сокращение эксплуатационных затрат (переход на обслуживание по состоянию).

МЭК-61850 еще недостаточно изучен и многогранность стандарта заставляет вернуться к основам и прорабатывать их оптимальные конфигурации, т.к. технические требования для класса напряжения 6-35 кВ еще не определены в ГК «Россети ФСК ЕЭС» что является актуальной темой для исследования.

Стандарт МЭК-61850 уже применяется в сетях 110 кВ и выше где затраты на реконструкцию и модернизацию окупаются, в сетях же 6-35 кВ используются некоторые элементы этой технологии в зависимости от принятой архитектуры, а для их массового применения необходимо определить оптимальные конфигурации построения цифровой сети на подстанции. Для этого необходимо определить направление развития системы. Исходя из требований сети и возможного потенциала оборудования нижнего уровня применяется комбинированный подход построения системы что является оптимальным вариантом. Для защиты автоматизации и управления подстанцией выделим основные задачи:

1. Создание модели первичной схемы сети
2. Задачи устройств нижнего уровня с привязкой к первичной схеме сети
3. Привязка логических узлов схемы к логическим узлам устройств
4. Создание алгоритмов работы логических узлов распределенной логики
5. Моделирование и визуализация

Рассмотрим задачи устройств нижнего уровня. Основным дорогостоящим элементом для интеграции систем РЗА и АСУ ТП в данном классе напряжения является передача мгновенных значений тока и напряжения в цифровом виде. Для этого используются оптические измерители тока и напряжения (ОТТ и ОТН), либо электронные преобразователи аналоговых величин (МУ) в стыковке с классическими ТТ и ТН которые передают значения параметров сети в шину процесса. Как правило оборудование 6-10 кВ располагается в ячейках КСО ЗРУ и применение устройств МУ и ОТТ, ОТН не всегда оправдано, поэтому недооцененные в этом вопросе остались датчики Роговского для измерения значений тока и резистивные делители напряжения. Это позволит значительно упростить систему и в тоже время уйти от электромагнитных ТТ и ТН. Датчики Роговского имеют ряд преимуществ по сравнению с электромагнитными трансформаторами: отсутствие токов намагничивания и малые габариты, а расположение их у устройств защиты, автоматики и управления (IED) позволяет непосредственно подключать их к ним, исключая отдельные МУ. Для ОРУ где первичное оборудование распределено от шкафов автоматики там применение преобразователей аналоговых и дискретных сигналов остается актуальным. Далее необходим переход к централизованному подходу как при интеграции систем РЗА и АСУ ТП в одно устройство, так и реализации всех прикладных функций на серверах, таких как: РЗА, измерение и коммерческий учет, управление и телемеханика, РАС, ОМП, ОБР и т.д. с возможностью дальнейшего наращивая.

Тем самым становится актуальна задача интеграции системы РЗА и АСУ ТП в единый комплекс для максимально эффективного использования возможностей микропроцессорных устройств. Внедрение интегрированных устройств, выполняющих функцию защиты автоматизации и управления позволит сократить как капитальные, так и эксплуатационные издержки на количестве применяемых устройств.

Вывод. В результате данного решения появится возможность создать информационную модель сети учитывая возможности полевого оборудования, перейти на новые инструменты проектирования, позволяющие создать модель подстанции на стадии ее создания и проверить соответствие объекта при приемке. Изменить подход как к системе технического обслуживания оборудования, так и управления на основе on-line мониторинга и созданных алгоритмов работы при логической обработке информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладковский Г. К. Научные исследования технологии цифровой подстанции в ПАО «Россети» и ПАО «Россети ФСК ЕЭС» / Г. К. Гладковский, В. С. Чайкин. – Текст : непосредственный // Энергия единой сети. – 2022. – № 1(62). – С. 12-19.
2. Орлов Л. Л. Инжиниринг систем автоматизации в соответствии со стандартом МЭК 61850 / Л. Л. Орлов, К. А. Сергеев. – Текст : непосредственный // Релейная защита и автоматизация. – 2013. – № 1(10). – С. 64-67.
3. Иерархическая система сбора и просмотра аварийной информации от разнородных распределенных источников / А. Буров, Д. Исупов, Т. Горелик [и др.]. – Текст : непосредственный // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2019. – № 2(13). – С. 34-43.
4. Леонов Е. Н. Централизация системы РЗА и АСУ ТП в двухуровневой архитектуре цифровых подстанций / Е. Н. Леонов, В. Л. Киприн. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции. Том II. – Тюмень, 2020. – С. 199-201.

УДК 621.311.161

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В СХЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Кирпичникова И. М., д-р. техн. наук, профессор
Шипилов С. С., инженер, shipil0819@yandex.ru
г. Челябинск, Южно-Уральский государственный университет

Аннотация. В статье дается понятие виртуальной электростанции, показаны ее особенности при интеграции в сеть возобновляемых источников энергии, что является актуальным в современных условиях. На основе рассмотренных систем управления разработана схема электроснабжения территориальных зон одного из медицинских объектов мегаполиса с использованием солнечных электростанций, обеспечивающая взаимодействие между зонами, а также эффективный энергообмен между ними. Полученная схема позволяет минимизировать энергопотери при передаче на близкие расстояния и способствовать экономии потребляемой электроэнергии.

Ключевые слова. Виртуальная электростанция, возобновляемые источники энергии, солнечные электростанции, система управления.

Виртуальная электростанция (Virtual Power Plant (VPP)) – информационная система, в которой в режиме реального времени (или близко к ре-

альному) идёт обмен информацией между источниками и потребителями о доступной в данный момент времени электрической энергии, о спросе на неё, а также о возможности разгрузки перегруженных сетей и о желаемом графике нагрузки. При этом система сама автоматически определяет наиболее целесообразный и эффективный источник для конкретной нагрузки с учетом различных факторов [1].

В состав сети VPP входят, как правило, децентрализованные генерирующие установки, включающие в себя традиционные тепловые электростанции и энергоустановки на базе возобновляемых источников энергии (ветровые, солнечные и др.), потребители и системы хранения этой энергии. Целью такой электростанции является снижение нагрузки на сеть за счет разумного распределения мощности, вырабатываемой отдельными блоками в периоды пиковой нагрузки.

Опыт эксплуатации виртуальных электростанций в мире показывает, что предпочтение отдаётся небольшим децентрализованным источникам энергии, так как они менее затратны в производстве и при их использовании минимизируются потери при передаче электроэнергии на большие расстояния [2,3].

Была рассмотрена возможность использования виртуальных электростанций для одного из районов мегаполиса с разработкой схемы VPP и её программного обеспечения. Объектом исследования является клиника Южно-Уральского государственного медицинского университета (ЮУГМУ) в рамках научной программы по бесперебойному и надёжному электроснабжению ее объектов [4]. При разработке схемы были учтены взаиморасположение с другими объектами и общая площадь поверхностей (крыш), пригодных для установки солнечных модулей, которая составила 421059 м².

На основе этих данных был произведен процентный расчёт энергии, которую можно потенциально сгенерировать на исследуемой территории. Задействовать всю поверхность крыши невозможно из-за установки вентиляционных шахт, дымоходов, ограждений, антенн и т.д. При установке солнечных модулей на 60% поверхности крыш в исследуемой зоне, в соответствии с рекомендациями «Группы компаний Хевел» [5], в течении года возможно сгенерировать примерно 101088 МВт×ч.

Наиболее производительными будут зоны гаражных кооперативов, которые занимают большую площадь и при этом являются низкими потребителями электроэнергии, особенно в дневное (большинство собственников отсутствуют на месте) время, на которое приходится пик генерируемой энергии. Второй наиболее производительной зоной будет частный сектор, где во время пиковых значений генерации энергии практически так же будет отсутствовать её потребление.

Избыточная энергия, произведённая в этих зонах, позволит перераспределить её с помощью VPP в те места, в которых в данный мо-

мент наблюдается нехватка электроэнергии. Так же за счёт того, что электроэнергия будет передаваться на малые расстояния, потери при передаче электроэнергии будут минимальными. Схема разрабатываемой VPP представлена на Рис.1.

Данная схема позволит обеспечить взаимодействие между территориальными зонами, а также эффективный энергообмен между ними. Виртуальная электростанция объединяет в единой информационной среде все потребители и источники электроэнергии с возможностью получения данных в режиме реального времени о доступной (незадействованной) и востребованной электроэнергии. Созданная система способна к масштабированию, в будущем за счёт присоединения новых VPP, что позволит осуществлять обмен информацией и электроэнергией не только в рамках одного здания или территориальной зоны, и будет способствовать экономии потребляемой электроэнергии.

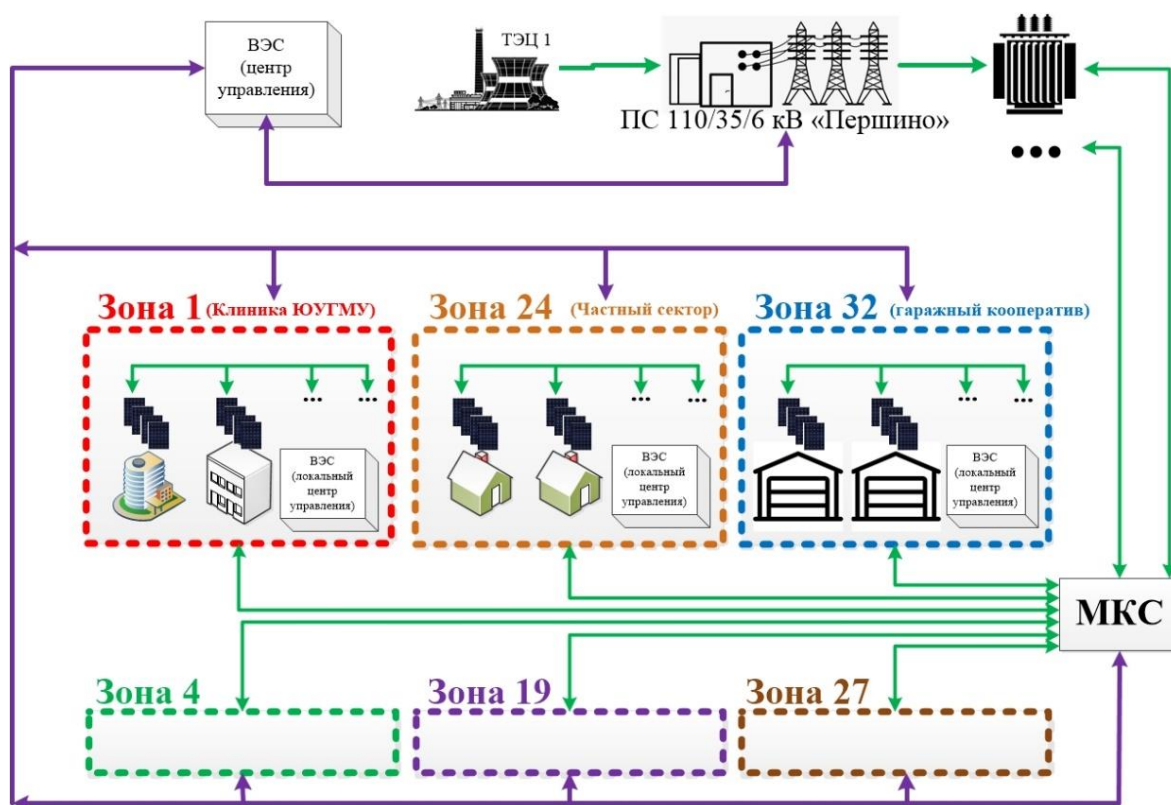


Рис. 1. Схема электроснабжения территориальных зон

На основе проведенного анализа работы и особенностей виртуальных электростанций можно сделать вывод, что правильное применение VPP будет выгодно как потребителям, так и поставщикам электроэнергии. Применение виртуальных электростанций возможно как на уровне отдельного предприятия или организации, так и в качестве подсистемы большой VPP включающей множество источников электроэнергии и её потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваучок В. А. Применение системного подхода к формированию концептуальных элементов виртуальных электростанций / В. А. Ваучок, А. Ш. Бобнис. – Текст : непосредственный // Теоретические и прикладные науки. - 2021. - № 10 (102). – С. 901-907.
2. Москаленко П. А. Виртуальная электростанция как первый шаг к энергетике будущего / П. А. Москаленко, А. А. Киселёв, Э. Х. Габдуллин. – Текст : непосредственный // Modern science. - 2022. - № 3-2. - С. 422-428.
3. Ашуров У. Г. Виртуальная электростанция: модели функционирования, мировой опыт, эффекты внедрения / У. Г. Ашуров, Г. И. Гумерова. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. - 2021. - № 4. – С. 75-77.
4. Кирпичникова И. М. О возможности применения возобновляемых источников энергии для объектов первой категории электроснабжения / И. М. Кирпичникова, С. С. Шпилов. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и Водоподготовка. - 2022. - № 3 (137). – С. 63-67.
5. Группа компаний Хевел : Производитель солнечных модулей : официальный сайт. - 2009. - URL : <https://www.hevelsolar.com/> (дата обращения : 02.10.2022).

УДК 621.311

ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ НА ПУТИ К УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Клименко А. А., бакалавр, climenko.lyoha@yandex.ru
Ореховский И. А., бакалавр, oresheck@yandex.ru
Белых Д. В., ст. преподаватель, belykh.work@yandex.ru
г. Новотроицк, Новотроицкий филиал МИСиС

Аннотация: в статье рассматривается понятие «устойчивая энергетика» и понятие возобновляемые источники энергии. Развитие «устойчивой энергетике» в России является актуальным направлением в связи с ухудшением экологической обстановки в стране. Целью работы является рассмотрение основных станции Оренбургской области по преобразованию возобновляемых источников энергии в электрическую энергии, а именно солнечные батареи и ветряные генераторы. В работе отмечается, что переход на возобновляемый источники энергии положительно скажется на экологию страны.

Ключевые слова: устойчивая энергетика, возобновляемые источники энергии, солнечная батарея, генератор.

Какую энергию можно назвать «устойчивой»? Это энергия, которая удовлетворяет потребности настоящего без ущерба для будущего. И дей-

ствительно, на данный момент все стандартные энергетические ресурсы (уголь, нефть) наносят непоправимый вред планете. Одна из самых больших проблем – это разрушение «озонового слоя» Земли. Второй проблемой обычных энергетических ресурсов является их невозобновляемость (эти природные источники энергии могут закончиться). Именно эти основные причины послужили созданием концепции устойчивого развития, в основе которой лежат возобновляемые источники энергии.

К возобновляемым источникам энергии относятся: солнечная энергия, энергия ветра, энергия воды.

Солнечная энергия – является самым доступным ресурсом на Земле. В 2022 году солнечная энергия обеспечивает около 5% мировой электроэнергии, в основном это солнечные панели. Эти панели основаны фотоэлектрических элементах. Ещё один большой плюс - это стоимость электроэнергии выработанной солнечными батареями. Она ниже чем от ГРЭС (угольная электростанция).

Энергией ветра в данный момент выработано 7% мировой электроэнергии. Ветреные турбины размещают на море и сельской местности, где сильный ветер.

Энергией воды выработано 17% от мировой электроэнергии. Обычно гидроэлектростанции ставят на плотинах объединения с ветряными мельницами и солнечными батареями. Тем самым повышают количество выработанной электроэнергии.

Геотермальная энергия (энергия пара) тоже является возобновляемым природным ресурсом и на данный момент обеспечивает 1,5% мирового потребления электроэнергии.

В результате изученной информации был сделан вывод, что около 20% электроэнергии России является возобновляемой. Это не может не радовать, потому что это является 1/5 от всей произведенной энергии. Важную роль занимают гидроэнергетика. На данный момент используется 102 ГЭС.

Для более тщательного изучения была выбрана Оренбургская область. На данный момент в этой области действует 15 возобновляемых источников энергии – это 1 ВЭС и 14 СЭС. О некоторых из них будет рассказано подробнее.

Одна ветряная электростанция расположена в селе Тамар-Уткуль. Хотя и население села всего 957 человек для обеспечения их электроэнергией была установлена ветряная электростанция. Её мощность 0,925 МВт.

В поселке Чкалов находится Чкаловская СЭС. Её мощность 30 МВт. Почему же именно там расположили солнечные батареи? Всё просто, для строительства солнечных парков необходим высокий уровень излучений и равнинная местность. Введена в эксплуатацию в 2019 году, а её площадь 80 гектар.

Так же солнечная электростанция находится в городе Орске. Орская СЭС была введена в эксплуатацию в 2015 году, а мощность 40 МВт. Пло-

щадь станции 100 гектаров, кроме того, в Орске есть два ветряных генератора. Они находятся около посёлка Елшанка.

В городе Новотроицк нет ВЭС и нет СЭС, но всё же есть необычная деталь, благодаря которой можно отнести этот город к числу тех, кто использует устойчивую энергетику – автобусные и трамвайные остановки. На их крышах установлены фотоэлектрические модули, которые позволяют ночью освещать саму остановку.



Рис. 1. Остановки в городе Новотроицк

В городе Новотроицк был проведен опрос жителей. В самом опросе был задан только один вопрос: «Используют ли он солнечные батареи в домашних условиях?». На этот вопрос: 60 % ответили – нет, не используют; 30 % - ответили – что пользуются ими только первый год; 10 % - ответили – что пользуются давно и полностью ими довольны.



Рис. 2. Опрос жителей города Новотроицк

Опрос показывает, что солнечные батареи медленно, но верно «входят» в нашу жизнь. А это означает, что люди начинают отказываться от традиционных, экологически грязных источников энергии.

Подводя итоги можно сделать вывод, что на данный момент Оренбургская область постепенно переходит на «устойчивую энергию» и это связано не только с промышленной сферой, но и с бытовой. В быту люди начинают отказываться от стандартных источников энергии и начинают использовать альтернативные. Это не может не радовать, потому что положительно скажется на экологию в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алфёров Ж. И. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики / Ж. И. Алфёров, В. М. Андреев, В. Д. Румянцев. – Текст : непосредственный // Физика и техника полупроводников. – 2004. – № 8. – С. 937-948.

2. Устойчивая энергетика. – Текст: электронный // Организация объединённых наций (Хроника ООН) : официальный сайт. – 2015. – URL : <https://www.un.org/ru/issues/ustoychivaya-energetika> (дата обращения: 14.11.2022).

3. Развитие устойчивой энергетика : инициатива «Устойчивая энергетика». – Текст: электронный // «Ikhlyas Technology» : официальный сайт. – 2015. - URL: <https://ikhlyas-plastutil.com/iniciativa-ustojchivaya-energetika-dlya-vseh/> (дата обращения: 15.11.2022).

УДК 303.732.4

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИМИНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Ковалев В. З., д-р. техн. наук, профессор, vz_kovalev@mail.ru
Парамзин А. О., аспирант, a_paramzin@ugrasu.ru
г. Ханты-Мансийск, Югорский государственный университет

Аннотация. Объектом исследования данной работы выступают распределенные системы электроснабжения, для которых характерен ряд особенностей. Подобные регионы являются источником полезных ископаемых и играют немаловажную роль в формировании бюджета РФ. Авторы проводят исследование отечественного и зарубежного опыта в области оптимизации структуры генерирующего комплекса в распределенных энергосистемах с целью выбора его оптимальной структуры и состава. Методы и алгоритмы оптимизации в данной работе классифицированы по двум категориям. Первая группа представлена различными вариациями мета эвристических алгоритмов. Вторая группа мето-

дов представлена «классическими» методами оптимизации, которые в процессе расчета требуют вычисления производных и матрицы Гессе. Авторами предлагается использовать в задачах оптимизации структуры и состава комплекса распределенной генерации сочетание мета эвристических и классических методов оптимизации.

Ключевые слова: распределенная генерация, оптимизация состава генерирующего комплекса, методы оптимизации, снижение себестоимости электроэнергии, снижение потерь мощности.

Несмотря на то, что преобладающую роль энергетического сектора РФ ближайшие 10 лет будут по-прежнему занимать углеводородные запасы топлива, энергетические прогнозы [1] отмечают высокий потенциал и перспективы развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Данный фактор принято ассоциировать с недостаточным уровнем развития материальной базы и теоретических аспектов в области таких источников электрической энергии.

В последние годы ВИЭ активно находят широкое применение в задачах распределенной генерации (РГ) и являются важным звеном в составе таких комплексов [2]. В задачах РГ в связи с особенностями подобного рода систем [3] становятся важными операции планирования нагрузок генерирующего комплекса, и как следствие выбор конфигурации распределенной энергосистемы. В связи с необходимостью обеспечения объекта РГ не только электрической, но и тепловой энергией [4] возникает проблема многокритериальной оптимизации генерирующего комплекса.

В зависимости от постановки и решения оптимизационной задачи можно выделить ряд критериев, часто встречающихся в процессе поиска наилучшего состава и структуры комплекса РГ. Например, рассмотрение объектов РГ с позиции инструмента снижения потерь мощности [5,6], распределения капитальных затрат и снижения себестоимости электроэнергии.

В [6] система РГ рассматривается с позиции снижения мощностных потерь, где в качестве метода оптимизации предлагается использовать генетический алгоритм (ГА) [7]. В связи с широким распространением и активным применением ГА при решении энергетических задач, принято считать, что для данного метода характерно наличие большого количества параметров настройки и высокая точность вычисления, однако это перекрывается его вычислительной скоростью.

Альтернативой для решения задач с подобными критериями оптимизации является метод роя частиц (МРЧ), применяемый в [8]. В определенных задачах МРЧ обладает преимуществом перед ГА, которому соответствует худший показатель сходимости, что связывается с наличием в каждой итерации расчета операций мутаций и генерации новых особей.

Наравне с этим, анализ траекторий поиска оптимального решения тестовых задач обоими методами показывает преимущество МРЧ перед ГА за счет плавного приближения к существующему минимуму [9]. Применение МРЧ и ГА не ограничивается критериями упомянутыми выше,

также данные алгоритмы активно применяются в процессе снижения стоимости жизненного цикла объекта РГ [10], минимизации расхода топлива [11] а также оптимального размещения объектов [12].

Несмотря на сильное смещение акцента исследователей в сторону мета эвристических алгоритмов стоит заметить, что они не исключают применение классических методов решения оптимизационных задач [13].

Классические методы расчета позволяют найти точку глобального минимума достаточно быстро и с высокой точностью, однако предъявляют значительные требования к качеству построения целевой функции, кроме того, некоторые из них требуют в процессе оптимизации осуществлять вычисление матрицы Гессе, а также производных первого и второго порядка, что приводит к большим временным затратам.

Не представляется возможным дать четкие рекомендации по выбору и дальнейшему применению какого-то определенного алгоритма оптимизации, его выбор связывается исключительно с особенностями конкретной задачи, а также предпочтениями и квалификацией лица, осуществляющего поиск.

Как правило, классические методы хорошо зарекомендовали себя при решении задач, включающих статичные состояние изменяемых параметров. Мета эвристические алгоритмы напротив демонстрируют свои преимущества применительно к задачам с большим количеством динамически изменяющихся условий. Однако стоит заметить невозможность получения абсолютно точного наилучшего решения. Решение будет оптимальным, но всегда может быть уточнено дополнительно.

Соответственно, оптимальным с точки зрения поиска глобального минимума в оптимизационных задачах применительно к комплексам РГ авторы видят применение симбиоза двух методов оптимизации, один из которых будет осуществлять поиск оптимального решения мета эвристическим алгоритмом, а оно, в случае необходимости, может быть уточнено при помощи классических методов оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 г / В. А. Кулагин, Н. А. Архипов, Ю. В. Галкин [и др.]. – Москва : Институт энергетических исследований РАН, 2014. – 175 с. – Текст : непосредственный.

2. Исследование эволюции, институциональных условий и факторов развития отраслей экономики северного ресурсодобывающего региона (на примере Ханты-Мансийского автономного округа - Югры) / П. В. Большаник, Е. А. Евланов, В. Ф. Исламутдинов [и др.]. – Ханты-Мансийск : Югорский государственный университет, 2017. – 445 с. – Текст : непосредственный.

3. Денисенко Е. А. Возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы развития / Е. А. Денисенко. – Краснодар : ООО "КРОН", 2020. – 142 с. – Текст : непосредственный.

4. Shi R. Comparison study of two meta-heuristic algorithms with their applications to distributed generation planning / R. Shi, C. Cui, K. Su, Z. Zain. – Direct text // Energy Procedia. - 2011. - Vol. 12, № 1. - P. 245–252.

5. Naderi E. A Dynamic Approach for Distribution System Planning Considering Distributed Generation / E. Naderi, H. Seifi, M. S. Sepasian. – Direct text // IEEE Transactions on Power Delivery. - 2012. - Vol. 27, № 3. - P. 1313-1322.

6. Соколов П. В. Математическая модель оптимизации структуры распределительных сетей в условиях применения распределенной генерации / П. В. Соколов. – Текст : непосредственный // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). – 2013. – № 6. – С. 18.

7. Тарасенко В. В. Генетический алгоритм выбора распределённой генерации / В. В. Тарасенко. – Текст : электронный // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. - 2010. - №14 (190). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskiy-algoritm-vybora-raspredelyonnoy-generatsii> (дата обращения: 15.11.2022).

8. Обухов С. Г. Оптимизация состава оборудования гибридных энергетических систем с возобновляемыми источниками энергии / С. Г. Обухов, А. Ибрагим. – Текст : электронный // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. - 2020. - № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-sostava-oborudovaniya-gibridnyh-energeticheskikh-sistem-s-vozobnovlyaemyimi-istochnikami-energii> (дата обращения: 15.11.2022).

9. Генетический алгоритм vs алгоритм роя частиц. – Текст : электронный // habr.com : сайт. – 2021. – URL : habr.com/ru/post/551890 (дата обращения: 15.11.2022).

10. Ибрагим А. Применение эволюционных алгоритмов для повышения эффективности гибридных систем электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии: 05.09.03 : дис. ... канд. тех. наук / А. Ибрагим; ТПУ. - Томск, 2020. - 199 с. – Текст : непосредственный.

11. Родзин С. И. Ресурсосберегающее диспетчирование в электроэнергетике: эвристический алгоритм оптимизации / С. И. Родзин. – Текст : электронный // Вестник ЧГУ. – 2018. - № 1. – URL : cyberleninka.ru/article/n/resursosberegayuschee-dispetchirovanie-v-elektroenergetike-evristicheskiy-algoritm-optimizatsii (дата обращения: 15.11.2022).

12. Фаррахов А. Т. Применение алгоритма роя частиц для решения задач оптимизации с распределенной генерацией / А. Т. Фаррахов. – Текст : электронный // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. - № 3. – URL : agroecoinfo.ru/STATYI/2021/3/st_307.pdf (дата обращения: 15.11.2022).

13. Захаров А. И. Моделирование системы управления ветровой энергетической установкой малой мощности / А. И. Захаров, С. Н Чижма. – Текст : непосредственный // Материаловедение. Энергетика. - 2020. - Т. 26, № 4. - С. 36–50.

УДК 332.1 + 338.4

О ГРАФИКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЗОН ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И АРКТИКИ

Ковалев В. З., д-р техн. наук, профессор, v_kovalev@ugrasu.ru
Архипова О. В., ст. преподаватель, o_arkhipova@ugrasu.ru
г. Ханты-Мансийск, Югорский государственный университет

Аннотация. Объектом исследования настоящей статьи являются населенные пункты децентрализованной зоны электроснабжения, относящиеся к районам Крайнего Севера и Арктики Российской Федерации. Обоснованы требования к электроэнергетическим системам децентрализованной зоны электроснабжения указанных регионов. Показаны характерные зависимости летних и зимних графиков электропотребления объекта исследования. Введены в рассмотрение аппроксимационные полиномы удовлетворительно (с погрешностью 4,4-5,3%) описывающие выявленные закономерности.

Ключевые слова: график электрической нагрузки, децентрализованная зона электроснабжения, Арктика, Крайний Север, аппроксимация, интегральные параметры.

Необходимость дальнейшего развития территория Арктики и Крайнего Севера Российской Федерации (АиКС) обусловлена значительными разведанными запасами газа, нефти, руды и целого спектра других полезных ископаемых. Наличие на данной территории уникального биоэкологического ландшафта вызывает дополнительную необходимость в освоении данного региона. С учетом сложившейся практики очагового освоения территории, специфических природно-климатических и социальных условий возникает задача системного подхода к обеспечению 10 млн жителей региона ключевыми потребностями, в том числе надежным и качественным электроснабжением [1-4]. Если не принимать во внимание немногочисленные промышленные центры с крупными энергосистемами, то основная масса поселений обеспечивается электрической энергией за счет дизельных электростанций с высокой степенью изношенности. Например, Минвостокразвития разработал программу замены изношенных на 60-80%, устаревших 382 дизельных энергообъектов. Общая стоимостью программы замены составит 83 млрд рублей [2].

Решение данной задачи лежит в области «комплексного развития энергетической системы» при безусловном вовлечении возобновляемых источников энергии в энергетическую цепочку [5-7]. Построение такой комплексной энергосистемы требует учета следующих особенностей территории АиКС: очаговый характер распределения поселений и производств, абсолютная зависимость от внешних (с «Большой земли») поставок промышленных товаров и ГСМ, сложная логистика доставки, «слабая устойчивость эколого-биологических систем к внешним воздействиям» [3,8]. Отдельно укажем на стохастический характер производства электрической энергии возобновляемыми источниками энергии и стохастический характер потребления энергии малыми поселениями. Последнее обстоятельство требует построения новых методик проектирования гибридных электростанций, с учетом особенностей «производства-потребления» электрической энергии.

Исследования, проведенные авторами, позволили установить ряд характерных зависимостей для графика потребления электрической энергии малыми поселениями АиКС. В частности, были рассмотрены зависимости от количества жителей поселения отношений коэффициентов зимнего максимума нагрузки к летнему $K_{м.з}/K_{м.л.}$, и отношений коэффициентов заполнения графика нагрузки зимнего к летнему $K_{з.г.з}/K_{з.г.л.}$. Некоторые из них приведены в таблице 1.

Таблица 1

Относительные показатели электропотребления тестовой выборки поселений децентрализованной зоны ХМАО-Югры

Населенный пункт		Население, чел	$K_{м.з}/K_{м.л.}$, о.е.	$K_{з.г.з}/K_{з.г.л.}$, о.е.
1	с.Ванзеват	266	0,503	2,00
2	с.Елизарово	404	0,673	1,49
3	п.Кирпичный	646	0,687	1,47
4	д.Шугур	693	0,819	1,23
5	п.Урманьный	892	0,622	1,59

Установлено:

- отношение $K_{м.з}/K_{м.л.}$ в зависимости от количества жителей поселения удовлетворительно описывается уравнением квадратичной регрессии $y = -0.0000019x^2 + 0.0024x + 0.0042$, для которого коэффициент корреляции равен 0,900, коэффициент детерминации – 0,811, средняя ошибка аппроксимации – 4,4 %;

- отношение $K_{з.г.з}/K_{з.г.л.}$ в зависимости от количества жителей поселения удовлетворительно описывается уравнением квадратичной регрессии $y = 0.0000045x^2 - 0.0058x + 3.19$, для которого коэффициент кор-

реляции равен 0,931, коэффициент детерминации – 0,867, средняя ошибка аппроксимации – 5,3 %.

Средние ошибки аппроксимации (4,4–5,3) % вполне удовлетворительны для этапа предварительного выбора состава и мощности гибридной электростанции малого поселения АиКС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономические и социальные показатели районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей в 2000-2019 годах. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. – 2022. - URL : https://www.gks.ru/bgd/regl/b20_22/Main.htm (дата обращения : 10.09.2022)

2. В ряде случаев: обновление удаленных энергообъектов обойдется в 83 млрд. – Текст : электронный // ООО «МИЦ «Известия». : официальный сайт. – 2022. - URL : <https://iz.ru/1295363/valerii-voronov/v-zariade-sluchaev-obnovlenie-udalennykh-energoobektov-oboidetsia-v-83-mlrd?ysclid=lar46suggk193718092> (дата обращения : 13.10.2022)

3. Щербак А. П. Влияние возобновляемой энергетики на социально-экономическую безопасность периферийных российских регионов / А. П. Щербак, С. В. Тишков, В. В. Каргинова-Губинова. – Текст : непосредственный // Бизнес. Образование. Право. – 2020. – № 3(52). – С. 268-271.

4. Некрасов С. А. Возобновляемая энергетика: перспективы корректировки развития энергоснабжения в России / С. А. Некрасов, И. Д. Грачев. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 1(178). – С. 99-109.

5. Шагеев А. Э. Анализ тенденции развития сектора возобновляемой энергетики в российских нефтяных компаниях / А. Э. Шагеев, М. А. Халикова. – Текст : непосредственный // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2022. – № 4(166). – С. 18-24.

6. Перспективы развития мировой энергетики до 2050 года. - Текст : электронный // ПАО «ЛУКОЙЛ» : официальный сайт. – 2022. - URL : <https://lukoil.ru/FileSystem/9/570591.pdf> (дата обращения : 18.10.2022)

7. Мартыненко Т. В. Политика Российской Федерации в области возобновляемой энергетики: современное состояние, законодательная база и перспективы развития / Т. В. Мартыненко, В. Д. Коноплева. – Текст : непосредственный // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. – 2022. – № 1. – С. 127-132.

8. Ампилов Ю. П. Перспективы развития энергетики в российской Арктике и энергетические тренды / Ю. П. Ампилов. – Текст : непосредственный // Арктические ведомости. – 2020. – № 1(29). – С. 78-87.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА MATLAB-SIMULINK

Коваленко Д. В., ст. преподаватель, dmitrii_kovalenko92@mail.ru
г. Омск, Омский государственный технический университет

Аннотация. В настоящем исследовании проведено моделирование системы электро-снабжения напряжением 0,4 кВ в программном комплексе MATLAB-Simulink. В исследуемой электрической сети имеются электроприемники с нелинейной вольтамперной характеристикой (ВАХ), являющиеся источниками высших гармоник.

С помощью быстрого преобразования Фурье (FFT) в настоящей работе был проведен спектральный анализ токов нелинейных нагрузок, протекающих через кабельную линию электропередачи. Выявлено, что фактические уровни высших гармоник не соответствуют требованиям действующей нормативно-технической документации (НТД). Для «возвращения» фактических уровней высших гармоник в рамки ГОСТ 32144-2013 требуется проведение технических мероприятий (установка фильтров высших гармоник).

Ключевые слова. Высшие гармоники, нелинейная нагрузка, математическое моделирование, преобразование Фурье.

Проблемы, возникающие при наличии нелинейных нагрузок в системах электроснабжения. Источниками высших гармоник в системах электроснабжения могут быть различные устройства. Ниже рассмотрим некоторые группы таких устройств.

Силовое электрооборудование – силовой частотно-регулируемый электропривод, полупроводниковые преобразователи, источники бесперебойного питания (ИБП), преобразователи частоты.

Устройства, работающие по принципу формирования электрической дуги – электросварочные установки, дуговые сталеплавильные печи, разрядные лампы (ДРЛ, люминесцентные и другие).

Электрические машины – двигатели, трансформаторы, обладающие магнитопроводом, которые могут достигнуть состояния насыщения.

Такие электроприемники являются источниками высших гармоник (ВГ), которые отрицательно влияют на системы электроснабжения (СЭС). К таким последствиям относят следующие: возникновение дополнительных потерь активной мощности вследствие протекания по элементам сети несинусоидальных токов; преждевременное старение внутренней изоляции и быстрый выход из строя электрооборудования; нарушение нормальной работы устройств релейной защиты и автоматики; возникновение резонансных режимов вблизи частот высших гармоник; токовая перегрузка, приводящая к перегреву и разрушению нулевых рабочих проводников в электрических сетях напряжением ниже 1000 В [1-5].

В связи с вышеперечисленными обстоятельствами появляется необходимость проводить контроль гармонического состава напряжений, токов и соотносить их с требованиями действующей нормативно-технической документации (НТД). В случае превышения допустимых уровней высших гармоник в сетях требуется проводить организационные и технические мероприятия по их «возвращению» в рамки действующей НТД.

Моделирование и спектральный анализ. В настоящей работе был проведен спектральный анализ токов нелинейных нагрузок, протекающих через кабельную линию электропередачи сети напряжением 0,4 кВ.

В эксперименте участвовала система электроснабжения, приведенная на рис. 1. К секции шин исследуемой СЭС подключены различные электроприемники, в том числе являющиеся нелинейными (6-пульсный преобразователь и осветительная установка).

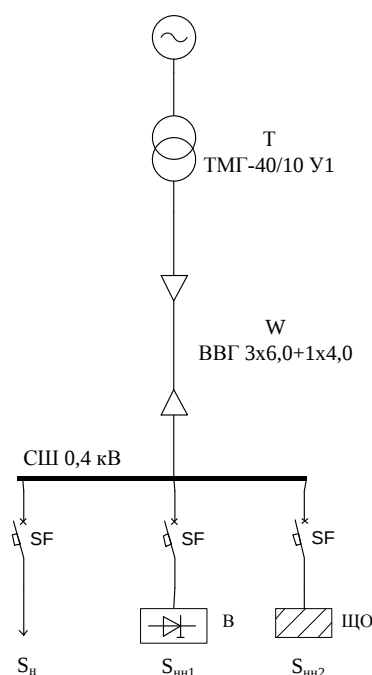


Рис. 1. Схема СЭС

Суммарный ток в соответствии с осциллограммами, имеет вид:

$$i(t) = \begin{cases} I_{1m} \sin(\omega t) & 0 \leq t \leq 0,25 \text{ ч} \\ I_{1m} \sin(\omega t) + I_{3m} \sin(3\omega t) + I_{9m} \sin(9\omega t) & 0,25 \leq t \leq 0,5 \text{ ч} \\ I_{1m} \sin(\omega t) + I_{3m} \sin(3\omega t) + I_{5m} \sin(5\omega t) + I_{7m} \sin(7\omega t) + I_{9m} \sin(9\omega t) & 0,5 \leq t \leq 0,75 \text{ ч} \\ I_{1m} \sin(\omega t) & 0,75 \leq t \leq 1 \text{ ч} \end{cases} \quad (1)$$

где I_{1m} - амплитуда первой гармоники тока, I_{3m} , I_{5m} , I_{7m} , I_{9m} - амплитуды высших гармоник, $\omega = 2\pi f$, f - частота сети (50 Гц), t - время.

На рис. 2 приведена математическая (имитационная) модель исследуемой системы электроснабжения, разработанная в программном комплексе MATLAB-Simulink. Осциллограммы фазных токов нелинейных нагрузок приведены на рисунках 3 и 4, а суммарного тока, протекающего по линии электропередачи – на рис. 5. На рис. 6 приведен спектр гармоник исследуемой модели электрической сети, полученный при помощи быстрого преобразования Фурье (Fast Fourier Transform – FFT). Видно, что полученные уровни высших гармоник значительно превышают значения, установленные ГОСТ 32144-2013 [6].

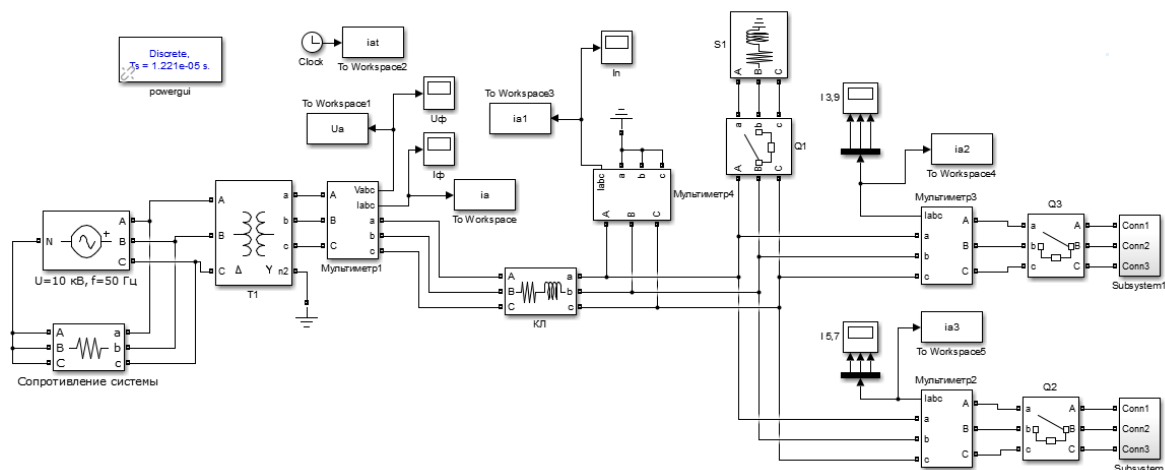


Рис. 2. Имитационная модель СЭС в MATLAB-Simulink

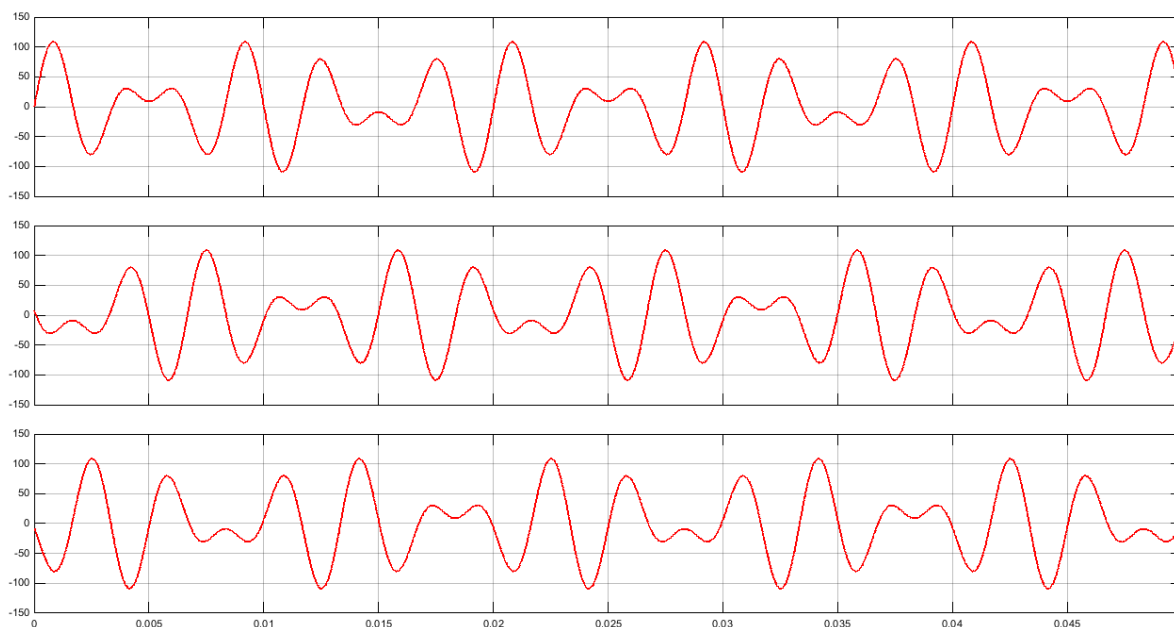


Рис. 3. Осциллограммы токов 5, 7 гармоник, полученные с помощью MATLAB-Simulink

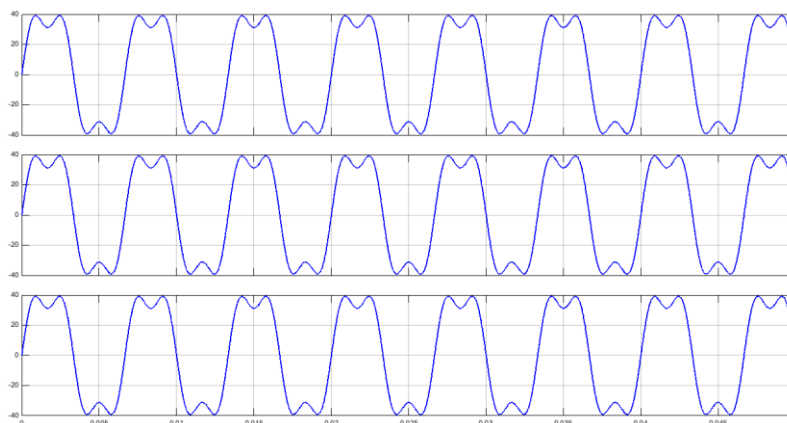


Рис. 4. Осциллограммы токов 3, 9 гармоник, полученные с помощью MATLAB-Simulink

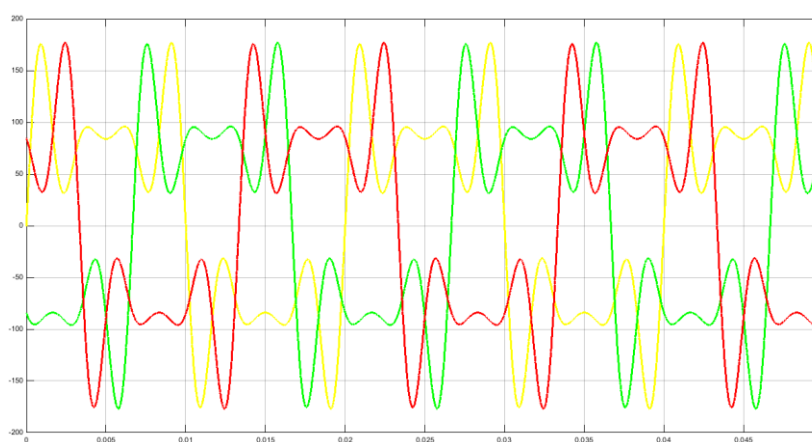


Рис. 5. Осциллограммы токов различных фаз сети, протекающих через линию электропередачи

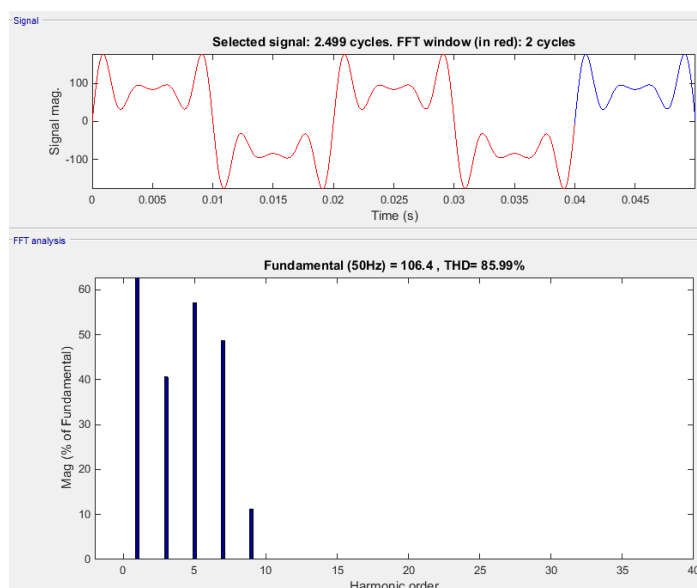


Рис. 6. Спектр гармоник токов, протекающих через линию электропередачи

На основании проведенного математического моделирования в программном комплексе MATLAB-Simulink можно сделать следующие выводы.

1. FFT-анализ выявил наличие в электрической сети нелинейных нагрузок, генерирующих 3, 5, 7 и 9 гармоники в сеть.

2. Имеющиеся гармоники значительно превышают значения, указанные в действующей НТД (в частности ГОСТ 32144-2013).

3. Для снижения уровней высших гармоник и «возвращения» их в рамки ГОСТ 32144-2013 требуется проведение технических мероприятий (в частности, установка фильтров высших гармоник). Вопросам выбора типа компенсирующих устройств и технико-экономическое сравнение вариантов будет посвящена отдельная работа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагин Г. Я. К вопросу о нормировании несинусоидальности напряжения и ущербах от высших гармоник / Г. Я. Вагин, С. Н. Юртаев. – Текст: непосредственный // Промышленная энергетика. – 2017. – № 1. – С. 43-47.

2. Исследование высших гармоник тока, генерируемых энергосберегающими источниками света / Г. Я. Вагин, А. А. Севостьянов, Е. Б. Солнцев [и др.]. – Текст: непосредственный // Промышленная энергетика. – 2014. – № 6. – С. 51-55.

3. Оценка влияния эмиссии высших гармонических составляющих напряжения и тока от бытовых электроприемников на питающую сеть / Т. В. Анчаров, С. С. Бодрухин, С. А. Цырук [и др.]. – Текст: непосредственный // Промышленная энергетика. – 2012. – № 9. – С. 36-42.

4. Проблема обеспечения электромагнитной совместимости конденсаторных установок и активных фильтров в сетях нефтепромыслов / Б. Н. Абрамович, Ю. А. Сычев, А. В. Медведев [и др.]. – Текст: непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2010. – № 4. – С. 112-114.

5. Цырук С. А. Гармонический анализ нелинейных электроприемников офисных центров / С. А. Цырук, С. А. Янченко. – Текст: непосредственный // Электрические станции. – 2012. – № 3. – С. 54-61.

6. ГОСТ 32144-2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 400-ст: дата введения 2014-07-01 / Подготовлен Обществом с ограниченной ответственностью «ЛИНВИТ». – Москва : Стандартиформ, 2014. – 19 с. – Текст: непосредственный.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ

Кокина А. В., магистрант, kokina_16@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Нефтедобывающая отрасль – одна из активно развивающихся отраслей экономики в мире. Освоение новых месторождений не обходится без проведения буровых работ, от качества которых зависит эффективность извлечения нефтесодержащего флюида, а также срок службы скважины. В статье произведен обзор современных способов бурения нефтяных и газовых скважин, рассмотрен принцип их работы, описаны основные преимущества и недостатки перед традиционными способами бурения.

Ключевые слова: бурение, вентильный электробур, лазерное бурение, лазерно-механическое бурение, ультразвуковое бурение.

В настоящее время самым распространенным способом бурения является механическое бурение, которое подразделяется на вращательное и ударное [4]. Ударный способ бурения в России практически не применяется, а основная доля бурения вращательным способом осуществляется с использованием турбобуров, винтовых забойных двигателей или роторным способом [4].

Каждый из данных способов имеет ряд недостатков. Так, к недостаткам использования турбобуров можно отнести отсутствие оптимального сочетания частоты вращения и крутящего момента на валу насоса. Недостатками использования винтовых забойных двигателей являются низкий моторесурс, уязвимость к воздействию агрессивной среды, ограничение температурного предела эксплуатации, сложность обслуживания и изменение рабочей характеристики в процессе эксплуатации. Основным недостатком роторного способа бурения скважин заключается в том, что колонна бурильных труб находится под постоянным напряжением, что приводит к быстрому изнашиванию. Также к недостатку роторного бурения можно отнести отсутствие возможности изменить траекторию бурения.

Ввиду вышеперечисленных недостатков существующих способов бурения, а также стремления к постоянному совершенствованию технологического процесса мы можем наблюдать разработку новых способов бурения. Например, бурение с использованием вентильных электробуров, лазерно-механическое бурение, бурение ультразвуком. Рассмотрим каждый из них.

Главное отличие электробура от других механических способов бурения заключается в том, что электродвигатель, вращающий долото, перенесен на забой скважины. К основным достоинствам использования электробура можно отнести высокий коэффициент передачи мощ-

ности на забой, высокую мощность и высокий крутящий момент. Важным элементом является и электрический канал связи, благодаря которому появляется возможность контролировать режимные параметры и траекторию ствола скважины. Главный недостаток электробура – низкая надежность токопровода [3].

При использовании электробура рассматриваются два типа привода: асинхронный и вентильный. Вентильный электропривод при тех же габаритах и мощности имеет перед асинхронным ряд преимуществ. Среди них: коэффициент полезного действия выше на 7-10%, коэффициент мощности порядка 0,95-1,0, ток ниже на 15%, ток холостого хода ниже на 80%. Помимо этого, при использовании вентильного электробура уменьшается расход промывочной жидкости, потребление электроэнергии снижается в среднем на 40% за счет регулирования режима бурения по токовому сигналу.

Лазерное бурение – это процесс бурения, при котором процесс разрушения пород происходит с помощью лазерного луча. Механизм разрушения породы зависит от плотности энергии импульса. Исследования по бурению нефтенасыщенных пород лазерами показывают, что современные лазеры способны дробить, плавить и испарять материалы [5]. Так, при небольшой плотности энергии импульса происходит нагрев породы и ее плавление. Излучение, создающее разницу температур в 1000°С на забое скважины и на глубине, вызывает шелушение породы и ее скол, подобно термическому разрушению. Мощный лазерный луч можно сравнить с электрическим пробоем диэлектрика. При данном способе бурения в узком канале пробоя генерируется ударная волна, а сама порода переходит в состояние пара [2]. Конструктивно лазер установлен на конце буровой колонны, при этом он не имеет механического контакта с горной породой. Вращение в большинстве случаев осуществляется потоком промывочной жидкости, энергия подается от генератора.

К основному недостатку лазерного бурения можно отнести то, что мощности существующих лазеров не хватает для разрушения породы по всему забою скважины. Поэтому у лазерного бурения имеется подтип – лазерно-механическое бурение.

Принцип лазерно-механического бурения заключается в следующем: лазерный луч разрушает породу в периферической зоне скважины, а центральная часть разрушается механическим инструментом. Для очистки скважины от продуктов разрушения используют сжатый воздух [2].

К преимуществам лазерного способа бурения можно отнести безопасность ввиду возможности быстрого регулирования, большую точность, быстрое разрушение породы, а, следовательно, высокая скорость проходки, больший срок службы долота.

Ультразвуковое бурение является относительно новым способом бурения в нефтедобывающей отрасли. В данном способе для разрушения по-

род используется энергия высокочастотного резонанса, которая вырабатывается ультразвуковой бурильной головкой. В процессе бурения происходит передача резонансной энергии вниз по бурильной колонне. Равномерное распределение энергии и ударов торца буровой колонки обеспечивается за счет вращения бурильной колонны.

Резонансная энергия вырабатывается за счет двух грузов, вращающихся в противоположных направлениях внутри ультразвуковой головки. Для предотвращения передачи резонансной энергии на буровую установку используется пневматическая изоляционная система.

К главным преимуществам ультразвукового бурения можно отнести экологичность (в сравнении с традиционными методами бурения объем отходов при ультразвуковом бурении уменьшается на 80%) и высокую скорость бурения [1].

Таким образом, на сегодняшний день в арсенале имеется достаточное количество новых и перспективных способов бурения, каждый из которых имеет ряд преимуществ перед традиционными способами и может быть рассмотрен как альтернативный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронков А. Г. Ультразвуковые технологии в нефтедобыче. Обработка призабойной зоны / А. Г. Воронков. – Текст : электронный // Добывающая промышленность. – 2019. - № 4 – URL : https://dprom.online/wp-content/uploads/2021/01/DP_4-19.pdf (дата обращения: 10.11.2022).

2. Все о горном деле : Добывающая промышленность : сайт. – URL : <https://industry-portal24.ru/razrushenie/> (дата обращения: 13.11.2022). – Текст : электронный.

3. Москвина Е. Ю. Приводы буровых установок : методические указания для практических занятий и самостоятельных работ / Е. Ю. Москвина. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 25 с. – Текст : непосредственный.

4. Овчинников В. П. Технология бурения нефтяных и газовых скважин : учебник для студентов вузов / В. П. Овчинников, Ф. А. Агзамов, Т. О. Акбулатов. – Тюмень : ТИУ, 2017. – 576 с. – Текст : непосредственный.

5. Яляев А. Р. Лазерное бурение – реальность или фантастика? / А. Р. Яляев, В. И. Маршев, К. И. Сафиуллина. – Текст : электронный // StudNet. – 2022. – № 6. – URL : <https://stud.net.ru/lazernoe-burenie-realnost-ili-fantastika/> (дата обращения: 10.11.2022).

ОБОБЩЁННЫЙ ЗАКОН ЗОЛОТОГО БАЛАНСА

Колесов В. И., канд. техн. наук, научный сотрудник, vikolesov@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Статья ориентирована на создание методологии проектирования гармоничных систем в сфере цифровой экономики. Выполнена структурная и параметрическая идентификация модели дискриминантной функции, на основе которой сформулирован обобщённый закон золотого баланса.

Ключевые слова: цифровая экономика, сложные системы, дискриминантный анализ, базовые законы, системная инженерия,

Введение. Россия вошла в полосу быстрого изменения внешних условий. На ближайшую перспективу эта тенденция сохранится. В этой связи возникают проблемы, осложняющие устойчивое развитие экономики страны.

Если рассматривать экономику как сложную открытую систему, то основная проблема сегодняшнего дня - это плохая адаптивность системы, проявляющаяся в несоответствии оперативности принимаемых решений (из-за инерционности целеполагания) скорости изменения внешних условий. Чтобы парировать этот недостаток, правительство предпринимает активные шаги, переходя к цифровой экономике.

Современная цифровая экономика – это мега-система, представляющая конгломерат взаимодействующих систем различного назначения: социально-экономических, технических, организационных и пр.

Как любая предметная область, цифровая экономика должна иметь свой смысл существования. Этот смысл обладает определённой логикой, связывающей друг с другом 3 ключевые понятия: цель; ресурс; результат.

С инженерной точки зрения, такая трёхкомпонентная система должна иметь чёткую метрику количественной оценки каждого этапа целенаправленного процесса, обобщённая структурная схема которого имеет вид (рис.1).

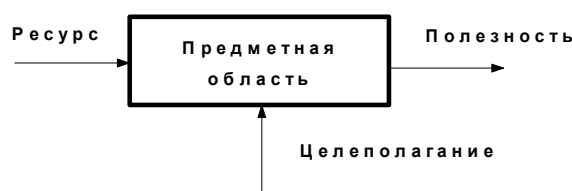


Рис. 1. Обобщённая структурная схема целенаправленного процесса

Конструкция, приведенная на рис.1, является типичной для большинства технических, социально-экономических и организационных от-

крытых систем. Современная цифровая экономика также наследует подобную структуру, включающую: целеполагание (определяющее функциональное назначение предметной области); используемый ресурс и общую полезность, как способность удовлетворять запросы потребителя и выступающая в качестве оценки успеха.

Основным свойством системы является её целенаправленное поведение. Здесь важны два аспекта: во-первых, правильный выбор цели и, во-вторых, разумный способ её достижения. Планируемый результат (продукт) должен быть гармоничен, а способ его достижения - рациональным.

Постановка задачи. Задача, таким образом, сводится к нахождению условий, отвечающих заявленным требованиям. Фактически речь идёт о разработке методологии оптимального проектирования гармоничных систем. Ядром такой методологии является некий концепт в форме обобщённого закона. Усилия автора как раз и направлены на его поиск.

Решение задачи. Логика решения поставленной задачи предусматривает ряд шагов:

- специфика цифровой экономики;
- функция полезности сложных систем;
- дискриминантная функция;
- закон золотого баланса;
- обобщённый закон золотого баланса.

Специфика цифровой экономики. Как отмечается в докладе НИУ ВШЭ [1], «В последние годы разворачивается очередная волна трансформации моделей деятельности в бизнесе и социальной сфере, вызванная появлением цифровых технологий нового поколения». Инновационные системы, созданные на их базе, активно реализуют принципы системной инженерии [2]. Одним из них является новый подход к целеполаганию, когда в качестве результативности используется понятие полезности, как способности удовлетворять запросы потребителя.

Полезность многогранна. Она имеет не только экономический, но также информационный, социальный, экологический и другие виды аспектов.

Функция общей полезности сложных систем (ФОП). ФОП предопределяет как функциональные, так и структурные свойства анализируемой сложной системы. Аналитически она задаётся моделью общей полезности (TU) [3].

$$TU(x_c) = 1 - (1 - x_c)^g, \quad (1)$$

где x_c - доля затраченного ресурса на достижение цели; g - добротность системы, $g = 1 + s$; s - показатель кратности.

Как видим, функция полезности зависит от двух факторов, и при управлении ею важно знать, как правильно задать рабочую устойчивую точку (x_{c_opt}) процесса.

Анализ основан на использовании дискриминантной функции DF , служащей для построения правила различия конкурирующих вариантов.

При конструировании DF было использовано соотношение (1), которое в стационарном состоянии системы сводится к виду

$$1 - F_{opt} = (1 - x_{c_opt})^{g_{opt}}, \quad (2)$$

где F_{opt} , x_{c_opt} , g_{opt} - параметры функции полезности в рабочей точке,

$$g_{opt} = \frac{\ln(x_{c_opt})}{\ln(1 - x_{c_opt})}. \quad (3)$$

В качестве дискриминантной функции $DF(x_{c_opt})$ был принят продукт двукратного логарифмирования $DF(x_{c_opt}) = \ln[\ln(1/x_{c_opt})]$. Это обусловлено тем фактом, что при таком преобразовании происходит разложение суммы на независимые слагаемые, т.е.

$$DF(x_{c_opt}) = A(x_{c_opt}) + B(x_{c_opt}), \quad (4)$$

где $A(x_{c_opt}) = \ln(x_{c_opt}/\ln(1 - x_{c_opt}))$; $B(x_{c_opt}) = \ln[\ln(1/(1 - x_{c_opt}))]$.

Первое слагаемое в (4) характеризует ценность добротности в рабочей точке, а второе – ценность затраченного ресурса. В итоге имеем

$$DF(x_{c_opt}) = \ln(x_{c_opt}/\ln(1 - x_{c_opt})) + \ln[\ln(1/(1 - x_{c_opt}))]. \quad (5)$$

В результате анализа оказалось, что, во-первых, эластичность DF относительно x_{c_opt} и g_{opt} имеет разные знаки, а, во-вторых, существует точка динамического равновесия (баланса), где $DF(x_{c_opt}) = 0$.

Равенство $DF(x_{c_opt}) = 0$ достигается при условии $\ln(1/x_{c_opt}) = 1$, когда $x_{c_opt} = 1/\exp(1) = 0.36788$, а добротность g фиксируется на уровне

$$g_0 = \frac{\ln(x_{c_opt})}{\ln(1 - x_{c_opt})} = \frac{\ln(0.36788)}{\ln(1 - 0.36788)} = 2.18019.$$

Закон золотого баланса. Показатель g_0 имеет глубокий смысл: он характеризует отношение хаос/порядок (точнее отношение их логарифмов) в устойчивой точке. Естественно, возникает вопрос: а нельзя ли использовать этот факт для создания некоего эталона, пригодного решать метрические задачи.

Действительно, найденные значения $x_{c_opt} = 1/\exp(1) = 0.36788$ и $g_0 = 2.18019$ - уникальны! Они являются инвариантами (т.е. неизменными константа-

ми) для эталонных систем. Это даёт право задуматься о некоем концепте, имеющем форму закона.

Работа алгоритма (5) в условиях идентифицированных инвариантов названа нами **законом золотого баланса**.

Обобщённый закон золотого баланса. Однако, можно пойти ещё дальше. Дело в том, что приведённый выше результат (4) получен в предположении равенства цен усилий на управление добротностью g и ресурсом x_c . В действительности же это не всегда так.

Более корректно соотношение (4) представить в форме

$$DF = a \cdot A + b \cdot B, \quad (6)$$

где $DF = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{x_c} \right) \right]$; $A = \ln(g_0)$; $B = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-x_c} \right) \right]$;

a и b - весовые коэффициенты, отвечающие условию нормировки

$$a + b = 2. \quad (7)$$

Такое условие выбрано с тем, чтобы при $a=b=1$ соотношение (7) было равно (4)). Это условие было реализовано при идентификации закона золотого баланса (5). Оно не совсем обычно, но перейти к стандартной его записи $a+b=1$ легко. В этом случае сама дискриминантная функция будет

равна $DF_1 = 0.5 \cdot DF = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{x_c} \right) \right]^{0.5}$.

Итак, $DF_1 = a \cdot A + b \cdot B$ при условии $a+b=1$.

Теперь необходимо ответить на ключевой вопрос: какую систему можно считать гармоничной?

Критерий гармонии системы задан в виде $DF_1 = 0$, т.е.

$$\ln(g_0) + \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-x_{c_opt}} \right) \right] = 0, \quad (8)$$

где g_0 - добротность системы в стационарном режиме, $g_0 = \frac{\ln(x_{c_opt})}{\ln(1-x_{c_opt})}$.

Напомним суть критерия. Система считается гармоничной, если одинакова важность (значимость) усилий, направленных на:

- снижения доли ресурсов x_{c_opt} , затраченных на достижение цели (стратегия ресурсосбережения);
- повышение добротности системы g_0 (стратегия оптимальной организации системы).

Совершенно очевидно, что изменение значимости стратегий приводит к изменению баланса и нарушению гармонии. Основная задача – со-

хранить гармонию! Гарантия обеспечивается соблюдением обобщённого (учитывающего значимость стратегии) закона баланса.

Работа алгоритма (8) в изменяющихся условиях названа нами **обобщённым законом золотого баланса**.

Действительно, если полагать, что $a \geq b$, то рабочий диапазон коэффициента a составляет теперь $0,5 \leq a \leq 1$. На рис. 2 приведены графики дискриминантной функции DF_1 для ряда фиксированных значений коэффициента a .

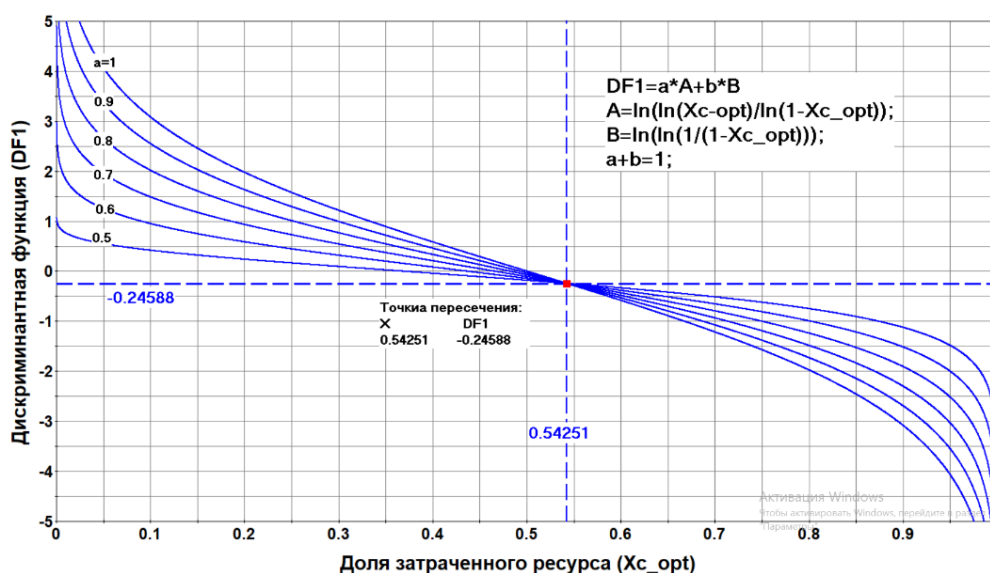


Рис. 2. Дискриминантная функция DF_1

Обращает на себя внимание наличие явно выраженного полюса с координатами: $x_{c_opt} = 0.54251$ и $DF_1 = -0.24688$. Его природа требует, видимо, отдельного анализа, не входящего пока в текущие задачи исследования.

Заключение. В сфере цифровой экономики полученные результаты имеют двойственное назначение: академическое (как системный взгляд на механизм взаимодействия триады: ресурс; цель; результат) и прикладное (как элемент инженерной методологии синтеза сложных систем управления). Основная цель выполненного исследования – повышение эффективности работы верхнего уровня пирамиды управления.

Полученные результаты входят в ядро алгоритмического обеспечения системы «Smart-урбанистика».

Все рабочие алгоритмы прошли программное тестирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение : доклад / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг

[и др.]. — Москва : Издательский дом Высшей школы экономики, 2019. — 82 с. — Текст : непосредственный.

2. Системная инженерия. Принципы и практика / А. Косяков, У. Н. Свит, С. Дж. Сеймур, С. М. Бимер. — Саратов : Профобразование, 2017. — 624 с. — Текст : непосредственный.

3. Колесов В. И. Полезность и устойчивость сложных систем в Smart-урбанистике / В. И. Колесов. — Текст : непосредственный // Устойчивое развитие предприятий, стран и регионов : материалы Международной науч.-практ. конф. — Тюмень, 2021. — С. 67-72.

УДК 658.262

АМБИВАЛЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ В SMART-УРБАНИСТИКЕ

Колесов В. И., канд. техн. наук, научный сотрудник, vikolesov@yandex.ru

Хмара Г. А., канд. техн. наук, зав. кафедрой, hmaraga@tyuiu.ru

Захаров Д. А., канд. техн. наук, зав. кафедрой, zaharovda@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Статья ориентирована на синтез гармоничных энерго и транспортных систем в рамках концепции Smart City. На основе первого закона диалектики и закона обобщенного S-сечения исследованы сложные амбивалентные системы в урбанистике. Выполнена идентификация трёх базовых моделей: двух моделей весовых коэффициентов и концептуальной модели процесса.

Ключевые слова: сложные системы, обобщённое S-сечение, амбивалентность, системная гармония, структурная идентификация модели.

Введение. Одним из современных глобальных процессов является урбанизация, порождающая бурный рост городов с одновременным повышением их роли в жизни общества. Город – это сложная мега-система, свойства которой открываются нам часто с неожиданной стороны. Управлять такой системой можно лишь глубоко понимая скрытые пружины её развития.

Тенденции. Сложившаяся к настоящему времени мировая система хозяйствования (включая энергетику и транспорт) не идеальна, поскольку вся её архитектура, все мотивационные приоритеты в ней сориентированы на извлечение прибыли [1], а не на производство полезных вещей (обеспечение потребностей людей в широком смысле по Маслоу [2]).

В этой связи основные усилия при нынешних хозяйственных отношениях направлены на извлечение ренты (природной, финансовой, имущественной, властной, информативной, интеллектуальной и проч.), как ис-

точника самого быстрого и бесхлопотного дохода, а не на повышение созидательных возможностей человеческого труда и создание реальных ценностей. По этой причине экономическая наука рассматривает вопросы повышения рентабельности частной собственности, пути продвижения и реализации товаров, увеличения доходности капитала, влияния процентных ставок и проч., а не подъёма жизненного уровня населения.

Справедливости ради следует, однако, отметить, что в последнее время активизируются усилия по синтезу гармоничных сложных систем, где во главу угла ставится иное целеполагание - максимизация полезности для людей.

Методологической и технологической поддержкой при этом выступает системная инженерия [3], бурный прогресс которой фиксируется, в том числе, на транспорте и в энергетике.

Проблема. К сожалению, современное целеполагание не в полной мере соответствует концепции системной инженерии, поскольку его сфера ограничивается практически только экономическим аспектом [1,4]. Делается попытка хотя бы частично устранить имеющийся пробел

Цель. Повышение эффективности гармоничных сложных систем в региональной энергетике.

Постановка задачи. Ставится задача конкретизации концептуальной модели с целью создания в ближайшей перспективе алгоритмического обеспечения процесса системного проектирования в энергетике.

Решение задачи. Логика решения задачи включает ряд этапов:

- Создание концептуальной модели процесса;
- Базовые законы в системной инженерии;
- Функция общей полезности;
- Амбивалентные системы;
- Фантом в транспортной сфере.

Создание концептуальной модели процесса. Концептуальной моделью принято называть содержательную модель, при формулировке которой используются понятия и представления предметных областей знания, занимающихся изучением объекта моделирования.

Выделяют три вида концептуальных моделей:

- логико-семантические;
- структурно-функциональные;
- причинно-следственные (для нас важны именно они).

Причинно-следственная модель — модель, применяемая для объяснения и прогнозирования поведения объекта. Сама модель приведена на рисунке 1, но, чтобы уяснить её смысл, необходимо дать минимальные пояснения.

Базовые законы в системной инженерии. Сложные открытые системы подчиняются ряду глобальных законов. Основных из них два - это:

- первый закон диалектики;
- закон обобщённого золотого сечения (S-сечения) [4].

Оба закона подробно рассмотрены в работе [5].

Суть первого из них сводится к выполнению условия

Позитив + негатив = универсум,
что после нормировки приводит к аналитической записи в форме

$$a + b = 1, \quad (1)$$

где a – доминанта, b – субдоминанта.

Возможен иной вариант записи (1), полезный в нашем случае

$$a \cdot (1 + m) = 1, \quad (2)$$

где m – индекс конкуренции $m = b/a$.

Суть второго базового закона сводится к соблюдению пропорции

$$\left(\frac{1}{a}\right)^s = \frac{a}{b}, \quad (3)$$

где s – так называемый порядок кратности.

Если s – целое, то имеет место обобщённое золотое сечение; ситуацию при $s = 1$ называют классическим золотым сечением.

Функция общей полезности (TU). Она играет ключевую роль при синтезе гармоничных систем. Дело в том, что понятие полезности – многогранно: оно охватывает не только экономическую сторону вопроса, но и энергетическую, информационную, социальную, экологическую, политическую и любую другую, связанную с удовлетворением потребностей людей (декларированных пирамидой Маслоу [2]).

В то же время полезность не безгранична: она связана с потреблением ресурса. Эта связь задаётся моделью полезности, идентификация которой реализована, в частности в работе [4]. Модель нормированной функции общей полезности (TU) имеет вид

$$TU = 1 - (1 - x_c)^g, \quad (4)$$

где x_c – доля затраченного ресурса; g – добротность системы, $g = s + 1$.

Установлено [5], что в точке оптимума добротность связана с затраченным ресурсом x_{c_opt} соотношением

$$g = \frac{\ln(x_{c_opt})}{\ln(1 - x_{c_opt})}, \quad (5)$$

но это означает, что она связана и с индексом $m = \frac{x_{c_opt}}{1 - x_{c_opt}}$ (рис.2)

$$g = \frac{\ln(1/m)}{\ln(1+m)} - 1. \quad (6)$$

Амбивалентные системы. Амбивалентными считают системы, у которых индекс m (а, следовательно, и g) изменяется в широких пределах [7-8].

С течением времени в такой системе происходят процессы взаимного превращения одной противоположности в другую и обратно, что в итоге приводит её в состояние равновесия или гомеостаза. В ходе таких трансформаций (которые можно представить в виде модели «гибели и размножения») в системе возникает **смесь** двух противоположностей. Её свойства обусловлены рядом причин:

- видом (моделью) функции полезности TU ;
- числом ключевых факторов влияния (n), определяющих в итоге вклад компонентов системы W_i в общую полезность TU .

Причинно-следственная модель приведена на рис.1.

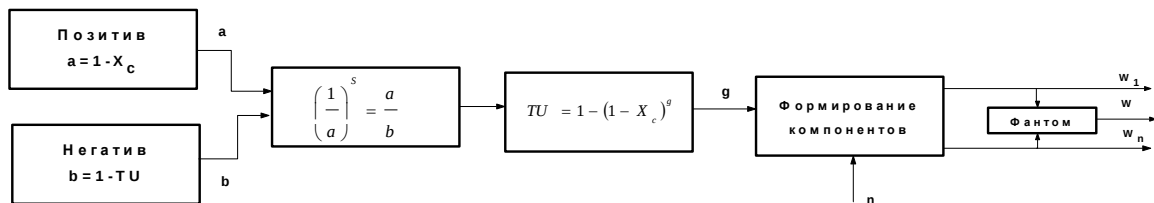


Рис. 1. Причинно-следственная модель процесса формирования смеси

Модель включает два главных фрагмента:

- синтезатор общей полезности TU (реализующий алгоритмы (1); (2); (3) и (4));
- формирователь компонентов системы, представленных весовыми коэффициентами W_i .

Если работа синтезатора нами формализована, то функционирование формирователя требует пояснений.

Воспользуемся результатами работы [8], где установлено, что веса компонентов W_i связаны с добротностью системы g соотношением

$$W_i = \left(1 - \frac{i-1}{n}\right)^g - \left(1 - \frac{i}{n}\right)^g, \quad (7)$$

где n - количество компонентов (в данном случае - системообразующих факторов), отвечающих условию нормировки $\sum_{i=1}^n W_i = 1$.

Если выделить из общей суммы старший вес W_1 и младший W_n , то невидимый остаток составит $W = 1 - W_1 - W_n$. Назовём его фантомом.

Интересно проследить за поведением фантома при изменении добротности g , возникающем из-за вариации индекса m (см. (6)). Для разных значений n оно представлено на рис.2. Обращает на себя внимание уникальное свойство фантома: его экстремум $W_{\max}$ наблюдается при фиксированной добротности $g = 1.425$.

Фантом в транспортной сфере. Полученный вывод имеет принципиальное значение в транспортной сфере. Дело в том, что схожая задача возникает при определении доли городского общественного транспорта (ГОТ) в общем балансе перемещений. В такой задаче ГОТ выполняет роль фантома, и какой уровень ГОТ достигим в городе – это загадка для городской администрации. Если принять его равным 0.55 (55%), как прогнозируют исследователи, то это эквивалентно принятию гипотезы о реальном действии в городе четырёх способа перемещений, два из которых интегрированы в ГОТ.

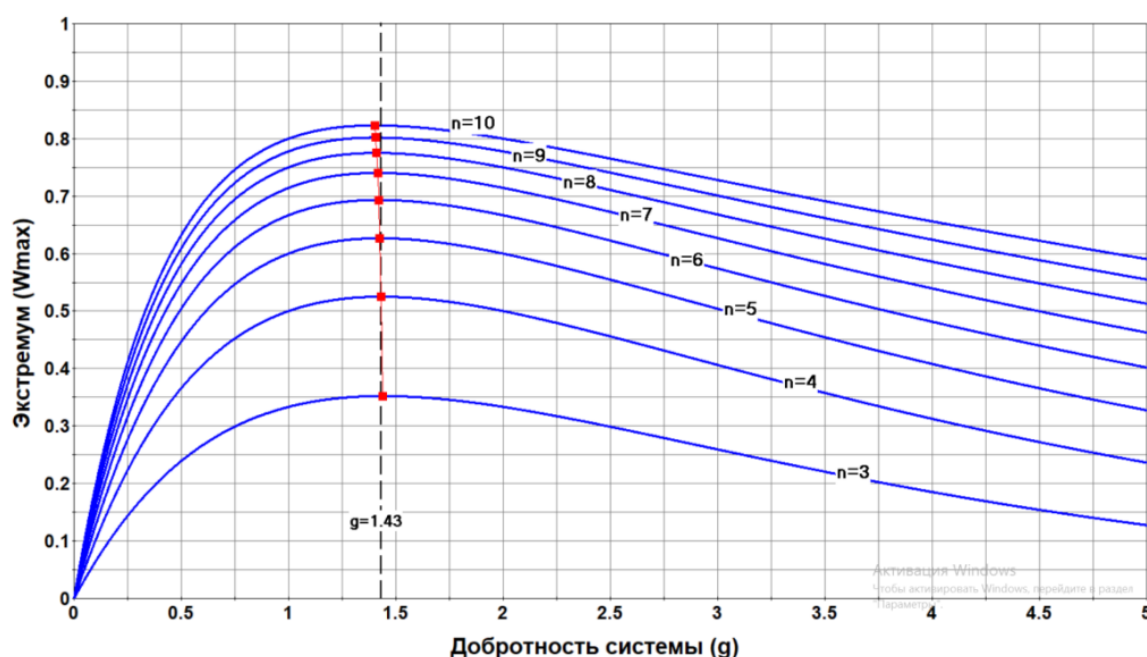


Рис. 2. Экстремум фантома

Таким образом, учёт амбивалентности существенно расширяет возможности структурного анализа сложных систем.

Как показывает опыт [7-8], такой инновационный подход эффективен также при исследовании эволюции и устойчивости открытых систем.

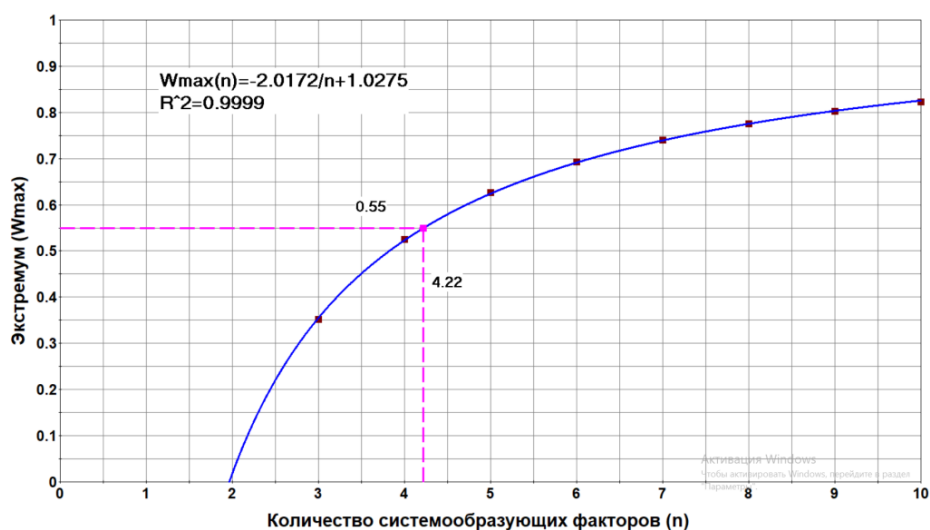


Рис. 3. Модель $W_{\max}(n)$

Заключение. Полученные результаты имеют как академическое, так и прикладное значение. В академическом плане предложен новый методический подход, позволяющий существенно расширить возможности структурного анализа сложных систем, а в прикладном – создано алгоритмическое обеспечение для его реализации.

Все полученные рабочие алгоритмы прошли программное тестирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чабанов В. Е. Гармоничная экономика или Новый миропорядок / В. Е. Чабанов. – [б.м.] : Издательские решения, 2018 – 470 с. – Текст : непосредственный.
2. Маслоу А. Х. Мотивация и личность / А. Х. Маслоу. – Санкт-Петербург : Питер, 2019. - 400 с. – Текст : непосредственный.
3. Косяков А. Системная инженерия. Принципы и практика / А. Косяков, У. Свит. – Москва : ДМК Пресс. – 2014. - 634 с. – Текст : непосредственный.
4. Сороко Э. М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем: Введение в общую теорию гармонии систем / Э. М. Сороко. - Москва : ЛИБРОКОМ, 2012. - 264 с. – Текст : непосредственный.
5. Колесов В. И. Полезность и устойчивость сложных систем в Smart-урбанистике / В. И. Колесов. – Текст : непосредственный // Устойчивое развитие предприятий, стран и регионов : материалы Международной науч.-практ. конф. – Тюмень, 2021. – С. 67-72.
6. Колесов В. И. Закон золотого баланса / В. И. Колесов. – Текст : непосредственный // Новые информационные технологии в нефтегазовой

отрасли и образовании : материалы IX Международной научно-практической конференции-конкурса. – Тюмень, 2022. – С. 16-21.

7. Кирий В. Г. Анализ различных социально-экономических амбивалентных систем на основе теории цепей Маркова / В. Г. Кирий. - Текст : непосредственный // Известия Иркутской государственной экономической академии. - 2010. - № 4. - С. 142-147.

8. Максимова Н. Н. Теория массового обслуживания и её приложения / Н. Н. Максимова, О. Н. Сергомасова. - Текст : непосредственный // Вестник Амурского государственного университета. Серия естественных и экономических наук. - 2012. - № 59. - С.17-25.

УДК 681.518

СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗА

Коньков К. В., аспирант, kw.k@ya.ru

Денисов Е. С., канд. техн. наук, доцент, esdenisov@kai.ru

г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

Аннотация. Электрохимический импеданс является одной из самых информативных для оценки технического состояния характеристик электрохимических систем. Существующие методы измерения импеданса имеют ограничения, связанные со сложностью аппаратного обеспечения и длительностью процесса измерения. В данной работе рассматривает метод оценки электрохимического импеданса на основе исследования откликов на широкополосные воздействующие сигналы с использованием вейвлет-анализа. Предложенный подход найдет свое применение при разработке систем контроля и диагностики электрохимических источников тока.

Ключевые слова: электрохимический импеданс, вейвлет-анализ, техническая диагностика, электрохимические источники тока.

Использование широкополосных зондирующих сигналов для исследования электрохимических систем и измерения импеданса описывается в большом количестве работ [1,2]. Применение таких подходов позволяет решить большое количество проблем традиционных измерителей импеданса, таких как продолжительное время измерения и дороговизна измерительного оборудования, в первую очередь из-за необходимости формирования прецизионного сигнала, воздействующего на мощный объект измерения, такой как аккумулятор или топливный элемент.

Однако использование сигналов с широким спектром приводит к появлению сложностей, связанных с корректной обработкой измерительной

информации. В данной работе предлагается использовать вейвлет-анализ для оценки электрохимического импеданса электрохимических источников энергии (ЭХИЭ). Основываясь на данных литературных источников [3,4], можно отметить использование вейвлета Морле при измерении электрохимического импеданса. В этом случае, импедансная характеристика находится согласно следующей формуле:

$$Z(a,b) = U(a,b) / I(a,b) \quad (1)$$

где $U(a,b)$ и $I(a,b)$ – вейвлет преобразования напряжения и тока.

Рис. 1 показывает структурную схему разрабатываемой системы для измерения электрохимического импеданса. Система реализована на базе одноплатного компьютера Raspberry PI (RPI), который имеет достаточно высокую производительность. Широкополосный зондирующий сигнал формируется цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) и прецизионным усилителем. Отклик ЭХИЭ снимается в форме напряжения на нагрузке и через согласующие схемы подается на высокоточный аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В процессе проведения измерений проводится контроль температуры ЭХИЭ посредством датчика температуры (ДТ).

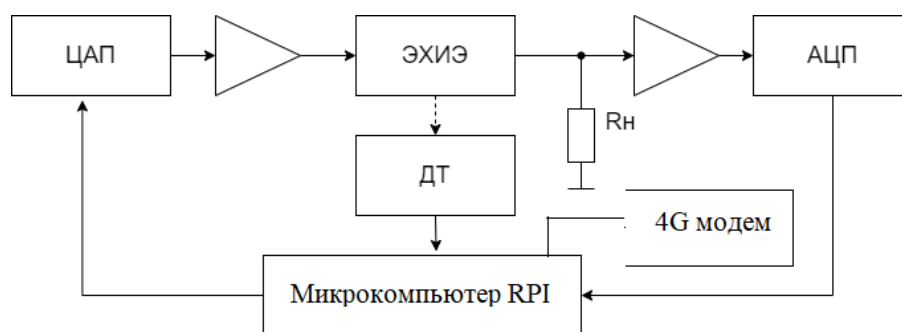


Рис. 1. Структурная схема системы для измерения импеданса

Предложенная структура прибора позволит производить измерения электрохимического импеданса не только в лабораторных условиях, но и с возможностью удаленной обработки данных, полученных в полевых условиях. Система предназначена для использования в системах диагностики электрохимических источников тока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никишина Г. В. Диагностика электрохимических источников тока на основе анализа переходных процессов, вызванных изменениями нагрузки / Г. В. Никишина, Е. С. Денисов. – Текст: непосредственный // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2021. – Т. 77, № 2. – С. 74-81.

2. Munjal R. Embedded wideband measurement system for fast impedance spectroscopy using undersampling / R. Munjal, F. Wendler, O. Kanoun. – Direct text // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2019. – №. 6. – P. 3461-3469.

3. Du R. Online impedance spectrum measurement of fuel cells based on Morlet wavelet transform / R. Du. – Direct text // International Journal of Hydrogen Energy. – 2021. – №. 47. – P. 24339-24352.

4. Itagaki M. Determination of electrochemical impedance of lithium ion battery from time series data by wavelet transformation-Uncertainty of resolutions in time and frequency domains / M. Itagaki. – Direct text // Electrochimica Acta. – 2020. – V. 332. – P. 135462.

УДК 621.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНОЙ ПРОХОДЧЕСКОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Корнеев В. А., канд. техн. наук, доцент, korneev_va@list.ru

Кулебакин И. И., бакалавр, uchebasibgiu@gmail.com

г. Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет

Аннотация. В работе рассмотрены возможность создания цифровой системы логического управления для шахтной проходческой установки. Процесс проектирования системы осуществлялся посредством анализа входных и выходных сигналов системы. На основании этого был осуществлен синтез новой функциональной схемы системы логического управления. Результаты проведенной работы могут быть положены в качестве основы при составлении проекта модернизации шахтной подъемной установки.

Ключевые слова: подъемная установка, шахта, логическое управление, автоматизированный электропривод, шахтный ствол

Широкое применение машинного труда в современном мире требует создание надежных многофункциональных и относительно не дорогих систем управления. Стремление уменьшить нагрузку на оператора, при осуществлении им своих производственных функций, или добиться полной автономности производственного процесса, постоянно повышает требования к проектируемым системам управления [1].

Анализ различных вариантов реализации систем логического управления, применяемых в области автоматизированного электропривода, выявляет общую тенденцию постепенного перехода промышленности на использование цифровых систем управления, созданных на базе программируемых контроллеров [2-3]. В настоящей статье приведены эскизные ре-

шения по модернизации системы управления шахтной проходческой установки (ШПУ) ЦР4×3,2/0,6 ствола «Воздуховыдающий» Абаканского филиала ОАО «Евразруда».

Проходческая подъемная установка ЦР4×3,2/0,6 предназначена для подъема горной массы, получаемой при проходке горизонтальных выработок ствола "Воздуховыдающий", спуска и подъема оборудования, материалов и людей. Высота подъема до горизонта -200 м составляет 806м. Максимальная скорость подъема 5,373 м/с. В качестве подъемного сосуда используется проходческая бадья БСПМ-3 с подвесным устройством. Подъемная машина - однобарабанная с одноступенчатым редуктором типа ЦО-18.

Период движения бадьи при спуске и подъеме разделяется на несколько участков с разными скоростями, определяемыми условиями ее движения.

Подача импульса начала замедления при подходе подъемного сосуда к крайним положениям производится всегда автоматически, независимо от машиниста и режима работы подъема и осуществляется аппаратом задания и контроля хода АЗК-1, либо программируемым аппаратом задания и контроля движения (ПАЗК).

На основе анализа существующих решений, в соответствии с условиями надежной и безопасной работы, отмеченными в Единых правилах безопасности (ЕПБ) и Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), была разработана функциональная схема цифровой системы логического управления, приведенная на рисунке 1.

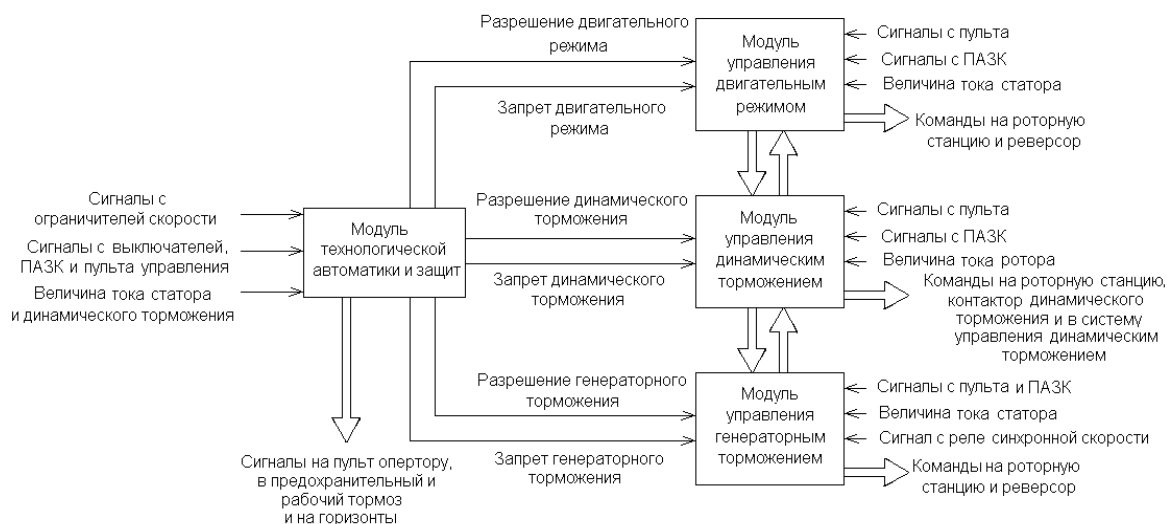


Рис. 1. Функциональная схема цифровой системы логического управления

На данной схеме можно выделить следующие основные модули:

- модуль технологической автоматики и защит;
- модуль управления двигателем;

- модуль управления динамическим торможением;
- модуль управления генераторным торможением;

Модуль технологической автоматики и защит выполняет функции по контролю хода технологического процесса. На основе анализа сигналов, поступающих от выключателей, ограничителей скорости, с пульта управления установкой, а также величины тока статора и ротора, модуль осуществляет наложение предохранительного и рабочего тормоза, а также осуществляет сигнализацию на пульт оператора и горизонты. Второй задачей, которую решает модуль, является разрешение и контроль работы двигателя в различных режимах.

Модули управления двигателем в режиме, динамическим и генераторным торможением служат для выполнения требуемой диаграммы скорости и ускорений. Анализируя сигналы, поступающие от ПАЗК, модули посылают запрос в блок технологической автоматики и защит на разрешение осуществления того или иного режима, а также на возможность коммутации сопротивлений цепи ротора.

Приведенные в настоящей статье эскизные наработки свидетельствуют о технической возможности и экономической целесообразности модернизации ШПУ ЦР4×3,2/0,6 ствола «Воздуховыдающий» Абаканского филиала ОАО «Евразруда». Результаты проделанной работы могут быть положены в основу технического проекта модернизации системы управления подъемной установки, а также могут использоваться при создании учебно-производственных симуляторов для обучения студентов и сотрудников горных предприятий [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка системы мониторинга показателей регистрирующе-диагностических устройств с использованием Web-технологий / В. А. Корнеев, А. С. Добрынин, В. А. Кубарев [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 6 (112). – С. 157-163.
2. Создание системы автоматизации управления технологическим комплексом обогатительной фабрики «Шахта № 12» на базе пакета Wonderware System Platform 2017 / Д. В. Иванов, В. В. Грачев, Л. П. Мышляев [и др.]. – Текст : непосредственный // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2020. – № 6. – С. 222-225.
3. Либерман Я. Л. Автоматическая система управления конвейерными приводами / Я. Л. Либерман, К. Ю. Летнев, Л. Н. Горбунова. – Текст : непосредственный // Горное оборудование и электромеханика. - 2019. - № 2. - С. 3-9.
4. Автоматизированный учебно-производственный комплекс «Скала» / В. Ю. Островляничик, В. А. Кубарев, О. А. Игнатенко [и др.]. – Текст :

УДК 620.92

ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Косарев Е. А., магистрант, evgeneusa1997@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В этой статье рассматриваются энергосберегающие технологии и альтернативные источники энергии. Энергия является важным элементом во всех производственных процессах. Однако, как в сельском хозяйстве, так и в перерабатывающей промышленности его незаменимое значение часто недооценивается. Альтернативные источники энергии, которые являются незаменимыми, могут оказывать прямое воздействие на окружающую среду в лучшую сторону.

Ключевые слова: электричество, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, энергия ветра.

Изменение климата, вызванное загрязнением углекислым газом в результате производства и сжигания ископаемого топлива, особенно сильно скажется на горах и пустынях Запада. Последствия изменения климата уже видны: повышенный риск и продолжительность засухи и лесных пожаров, уменьшение снежного покрова и вымирание уязвимых видов дикой природы.

Традиционные источники энергии, такие как уголь и природный газ, вносят огромный вклад в изменение климата. На производство электроэнергии приходится более трети глобального потепления в США, причем большая часть вырабатывается угольными электростанциями. Возобновляемые источники энергии приносят существенные выгоды климату, здоровью и экономике. Большинство возобновляемых источников энергии не выделяют углекислого газа. Хотя геотермальные энергетические системы выделяют некоторые загрязнители воздуха, общие выбросы в атмосферу, как правило, намного ниже, чем у электростанций, работающих на угле и природном газе.

Для полного анализа необходимо дать определение понятию «энергоэффективность». Энергоэффективность - это подход к контролю и сокращению потребления энергии без ущерба для потребностей общества. Система является более энергоэффективной, если она обеспечивает больше полезной работы при тех же затратах энергии или ту же полезную работу при меньших затратах энергии.

В последние годы наметилась тенденция к увеличению коммерциализации различных возобновляемых источников энергии. Быстро развивающиеся технологии могут позволить производству энергии, управлению водными ресурсами и отходами, а также производству продуктов питания перейти к методам экологического и энергетического менеджмента с использованием экологических и промышленных экологических систем. Воздействие производства электроэнергии на окружающую среду имеет большое значение, поскольку современное общество использует большое количество электроэнергии.

Как и любая электростанция, крупные солнечные электростанции могут влиять на окружающую среду, в которой они расположены. Расчистка земли для строительства и размещения электростанции может оказать долгосрочное воздействие на местную среду обитания растений и животных. Некоторым солнечным электростанциям может потребоваться вода для очистки солнечных коллекторов и концентраторов или для охлаждения турбогенераторов. В некоторых засушливых районах использование большого количества подземных или поверхностных вод может повлиять на экосистемы, которые зависят от этих водных ресурсов.

Кроме того, концентрированный солнечный свет, создаваемый башней солнечной энергии, может убивать птиц и насекомых, которые летят на свет. Возобновляемая энергия вызывает ряд других эффектов, которые могут повлиять на окружающую среду. С другой стороны, возобновляемые источники энергии могут сделать многие участки суши непригодными для конкурентного использования, нарушить морскую флору и фауну, а также привести к визуальному загрязнению и шуму. Как правило, эти эффекты, которые могут повлиять на окружающую среду, специфичны для данной области, и существует несколько способов минимизировать последствия, которые обычно незначительны и необратимы.

Солнечная энергия - это излучение Солнца, способное выделять тепло, вызывать химические реакции или вырабатывать электричество. Общее количество солнечной энергии, поступающей на Землю, значительно превышает текущие и ожидаемые мировые потребности в энергии. При надлежащем использовании этот высокорассеянный источник может удовлетворить все будущие потребности в энергии.

Ожидается, что в 21 веке солнечная энергия будет становиться все более привлекательной в качестве возобновляемого источника энергии из-за ее неисчерпаемых запасов и экологичности, что резко контрастирует с нынешними видами ископаемого топлива - углем, нефтью и природным газом. Однако, хотя солнечная энергия сама по себе бесплатна, высокая стоимость ее сбора, преобразования и хранения все еще ограничивает ее использование во многих местах.

Сила ветра уже много лет используется для производства механической энергии для измельчения зерна и перекачки воды. В последнее время

ветряные турбины используют ветер для выработки электроэнергии. Затем электроэнергия экспортируется либо в сеть для использования на местном уровне, либо для автономного использования. Энергия ветра является одним из самых чистых и безопасных из всех возобновляемых коммерческих методов производства электроэнергии.

Биомасса - это термин, используемый для обозначения твердого топлива, получаемого из растительных материалов. Чтобы не увеличивать количество углекислого газа в атмосфере, важно, чтобы древесина, сжигаемая в качестве топлива, поступала из устойчивых источников. Это означает, что по мере того, как деревья вырубаются для использования в качестве топлива, следует сажать больше деревьев. Таким образом, углерод, выделяющийся при сгорании древесины, повторно поглощается растущими новыми деревьями, и процесс является углеродно-нейтральным.

Биомасса может быть использована в качестве бревен, древесной щепы и древесные гранулы в печах, работающих на дровах, или в котлах для обогрева помещений и воды. Биомассу также можно использовать для выработки электроэнергии на электростанциях, сжигая солому, специально выращенные культуры или в качестве продуктов переработки древесины. Некоторые электростанции на биомассе также улавливают отходящее тепло в процессе сжигания для обогрева близлежащих домов или заводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проскурякова Л. Н. Возобновляемая энергетика 2030: глобальные вызовы и долгосрочные тенденции инновационного развития / Л. Н. Проскурякова, Г. В. Ермоленко. – Москва : НИУ ВШЭ, 2017. – 96 с. – Текст: непосредственный.
2. Нариманов Б. А. Возобновляемые источники энергии, вопросы устойчивости и смягчения последствий изменения климата / Б. А. Нариманов, Ф. Ф. Арзикулов. – Текст: непосредственный // Universum: технические науки. – 2020. - №10. – С. 66-70.
3. Куланов Б. Я. Развитие альтернативных источников энергетики / Б. Я. Куланов, А. С. Саодуллаев. – Текст: непосредственный // Inнаука, образование, инновации: актуальные вопросы и современные аспекты. – 2021. - №2. – С. 29-32
4. Юмаев Н. Р. Экологические аспекты применения возобновляемых источников энергии / Н. Р. Юмаев. — Текст: непосредственный // Современные тенденции технических наук : материалы VI Междунар. науч. конф. — Казань, 2018. — С. 16-21.

ПРИНЦИП РАБОТЫ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Кретьова В. С., бакалавр, vskretova@yandex.ru

Метелкин В. А., бакалавр, tehnik5900@yandex.ru

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

Аннотация. Гидроэлектроэнергия – это способ получить возобновляемый источник энергии, который применяет силу быстротекущей воды для выработки электроэнергии. В настоящее время для использования энергии воды используются современные гидроэлектростанции, которые вырабатывают электроэнергию из потенциальной и кинетической энергии воды. Данный способ выработки электроэнергии применим при наличии реки с большим водоносным потенциалом. В таких условиях это один из наиболее экономически эффективных методов выработки электроэнергии и является наиболее предпочтительным и широко используемым по сравнению с другими.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, регенеративная энергетика, возобновляемые источники энергии.

Гидроэлектростанции обычно строятся в холмистых районах на берегах рек, океанов или других водоемов, где можно легко построить плотины и большие водохранилища. Различные типы гидроэлектростанций строятся в соответствии с требованиями, но каждая гидроэлектростанция состоит из основных компонентов, представленных в таблице 1.

Общий принцип работы гидроэлектростанции (рис.1) заключается в том, что она преобразует потенциальную энергию воды (из-за подъема воды из канала) и кинетическую энергию (из-за быстрого течения воды) в механическую энергию с помощью турбин. Вода, которая хранится в водохранилище или заливе за плотиной, попадает через шток, ударяется о лопасти турбины под высоким давлением, и рабочее колесо турбины начинает вращаться. Рабочее колесо прикреплено к центральному валу, который соединен с генератором, вырабатывающим электроэнергию, то есть механическая энергия турбины преобразуется в электричество с помощью электрических генераторов. Полученная энергия затем подается для бытовых или промышленных нужд по линиям электропередачи после регулирования напряжения трансформаторами. Электрическая энергия, получаемая с помощью гидроэлектростанций, пропорциональна скорости потока воды и перепаду высот.

Гидроэлектростанции являются источником получения возобновляемой энергии, для работы которого требуется только энергия быстротекущей воды. Кроме того, они не выделяют вредных выбросов в окружающую среду по сравнению с другими электростанциями, работающими на ископаемом топливе.

Составные компоненты гидроэлектростанции

Компонент	Определение и функция
Водохранилище	Водоем, накапливающий воду и подающий ее в гидротурбину.
Плотина	Барьер, ограничивающий поток воды для повышения её уровня.
Водосбросы	Отводит лишнюю воду из водохранилища в зону ниже по течению.
Хвостовая часть	Канал для отвода воды, оставшейся на гидроэлектростанции после выработки электроэнергии гидротурбиной.
Пенстоки	Каналы, по которым вода из водохранилища поступает к турбинам электростанции.
Водозаборы	Сооружения, которые собирают воду, хранящуюся в водохранилище, и направляют ее к турбинам через штоки.
Шлюз	Затвор, установленный на концах штоков, который может быть поднят или опущен в зависимости от потребности воды в турбине.
Расширительный бак	Цилиндрические резервуары для контроля изменений давления и хранения избытков воды.
Электростанция	Отдельное помещение, состоящее из различных электрических и гидравлических компонентов.
Турбины	Механизмы, использующиеся для преобразования потенциальной и кинетической энергии воды в механическую энергию.
Вытяжная труба	Трубопровод, который отводит оставшуюся воду из турбины в трассу, поддерживая атмосферное давление сбрасываемой воды.
Генератор	Устройство, преобразующее механическую энергию водяной турбины в электрическую энергию.
Трансформатор	Устройство, которое преобразует переменный ток, вырабатываемый на станции, в требуемое напряжение при сохранении постоянной электрической мощности
Линии электропередач	Структура линий электрических кабелей, которая передает в бытовую или промышленную зону электроэнергию, выработанную на гидроэлектростанции.

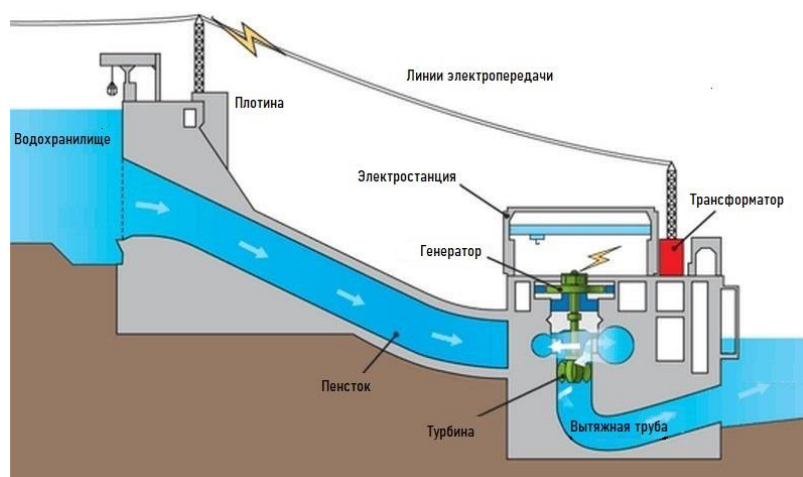


Рис. 1. Принципиальная схема гидроэлектростанции

Гидроэлектростанции вырабатывают огромное количество энергии, поскольку вода на больших высотах обладает значительным количеством потенциальной энергии, достаточной для обеспечения электроэнергией миллионов людей. Из-за расположения плотины в отдаленных сельских районах строительства гидроэлектростанций приведет к его развитию. Хранящаяся в резервуарах вода, является чистой и пригодна для использования в различных целях в случае засухи.

Хотя первоначальные установки различных компонентов гидроэлектростанций требуют больших инвестиций, после их ввода в эксплуатацию это самый дешевый способ выработки электроэнергии в долгосрочной перспективе. Плотины, однажды построенные, обычно служат в среднем 50-100 лет и требуют лишь некоторых затрат на техническое обслуживание после их установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hydroelectric Power Plant Working Principle. - Text : electronic // Studios Guy : site. – URL : <https://studiousguy.com/hydroelectric-power-plant-working-principle> (date of the application: 29.09.2022).

2. Hydroelectric Power Plants: Principles of Operation. - Text : electronic // EEPower School : site. – URL : <https://www.eepowerschool.com/powergeneration/hydroelectric-power-plants> (date of the application: 29.09.2022).

3. Types of Hydropower. Plants. - Text : electronic / Energy.gov : site. – URL : <https://www.energy.gov/eere/water/types-hydropower-plants> (date of the application: 29.09.2022).

4. Hydroelectric Power Plant – Classification, Working & Applications. - Text : electronic / Electricfundablog.com : site. – URL : <https://electricalfundablog.com/hydroelectric-power-plant> (date of the application: 29.09.2022).

5. Кривченко Г. И. Гидравлические машины. Насосы и турбины : учебник студентов для вузов / Г. И. Кривченко. - Москва : Энергия, 1978. - 320 с. – Текст : непосредственный.

6. Васильев Ю. С. Основное энергетическое оборудование гидроэлектростанций. Состав и выбор основных параметров : учебное пособие для вузов / Ю. С. Васильев, И. С. Саморуков, С. Н. Хлебников. – Санкт-Петербург : СПбГТУ, 2002. – 134 с. – Текст : непосредственный.

ТИПЫ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Кретьова В. С., бакалавр, vskretova@yandex.ru

Метелкин В. А., бакалавр, tehnik5900@yandex.ru

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

Аннотация. В 20 веке увеличение спроса на электроэнергию привело к необходимости открытия дополнительных ее источников. Вулканы, гейзеры и горячие источники являются видимыми свидетельствами большого количества тепла, находящегося в недрах Земли. Такая тепловая энергия называется геотермальной. Она неисчерпаема и действует в течение нескольких миллионов лет, следовательно, является возобновляемой энергией. В настоящее время гидротермальные ресурсы Земли используются геотермальными электростанциями для производства электроэнергии.

Ключевые слова: геотермальная электростанция, гидротермальные ресурсы, возобновляемая энергия.

Геотермальные электростанции вырабатывают электроэнергию за счет использования внутренней тепловой энергии Земли. Гидротермальные ресурсы извлекаются на поверхность земли сухими колодцами и колодцами с горячей водой. Температура среды, необходимая для работы станции, составляет 60-200°C.

Самое легкодоступное тепло находится в верхней части земной коры и представляет собой полезный источник энергии. Это тепло проявляется в повышении температуры земли с увеличением глубины под поверхностью. Средняя температура воды на глубине 10 км составляет 200°C. Нагревание воды происходит из-за расплавленной породы внутри земли, называемой магмой [1].

Принцип работы геотермальной электростанции заключается в следующем. Горячая магманагревает воду, присутствующую в земле. Температура воды повышается до 250°C. Горячая вода, благодаря своему собственному давлению, движется вверх в колодце. Когда вода достигает поверхности земли, ее давление снижается, и часть превращается в пар. Вышедшая на поверхность горячая вода собирается в пароотделителе. Паровой сепаратор представляет собой емкость низкого давления, где большая часть горячей воды преобразуется в пар, который попадает на лопатки турбины и вращает ее. Генератор, соединенный с турбиной, также вращается и вырабатывает электроэнергию. Отработанный пар затем поступает в конденсатор, где он преобразуется в воду. Наконец, вода из пароотделителя и конденсатора собирается вместе и направляется обратно в землю через нагнетательную скважину, чтобы повторно быть использованной для выработки электроэнергии [2].

Действующие геотермальные электростанции бывают трех типов (рис.1):

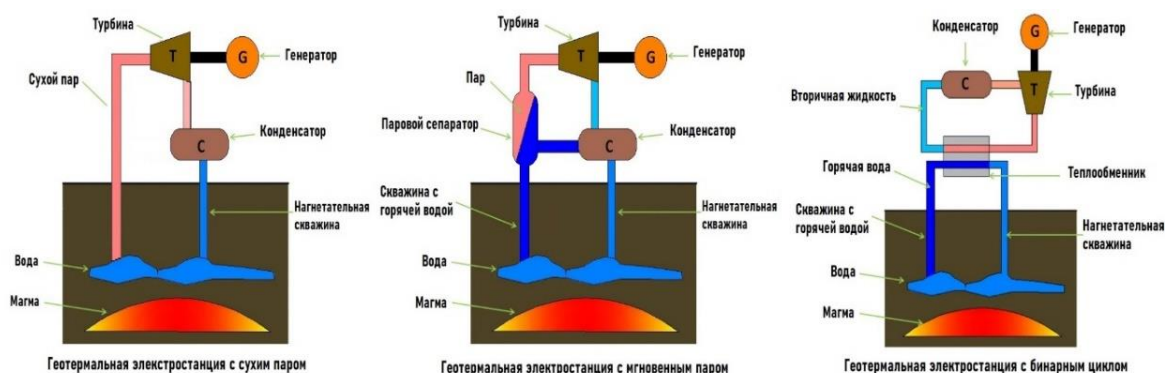


Рис. 1. Принципиальные схемы работы геотермальных электростанций

1. На электростанции с сухим паром прямой пар из геотермального резервуара используется для вращения турбины и генератора, производящего электроэнергию. Температура геотермального пара, необходимого установке, составляет не менее 150°C . После передачи своей энергии турбине он конденсируется и закачивается обратно в Землю [3].

2. На паросиловой электростанции горячая вода под высоким давлением извлекается из недр земли. Давление воды продолжает снижаться по мере продвижения вверх, что позволяет ей преобразовываться в пар, который отделяется в пароотделителе и подается на вращение турбогенератора. При остывании он впрыскивается на поверхность земли для повторного использования. Для работы электростанции требуется температура воды не менее 180°C .

3. В электростанции с бинарным циклом тепло горячей воды через теплообменник передается вторичной жидкости с низкой температурой кипения. Тепло горячей воды из скважины приводит к превращению вторичной жидкости в пар, который используется для вращения турбины. Установки с двойным циклом могут использовать воду более низкой температуры, чем два других типа установок, но не ниже 60°C [4].

Преимущества геотермальной энергии [5]:

- 1) Универсальность использования и надежность источника энергии.
- 2) Низкая стоимость по сравнению с энергией, получаемой из других источников.
- 3) Доступность выработки энергии не зависит от погоды.
- 4) Отсутствие дополнительных систем хранения.
- 5) Обеспечение потребителей большим количеством чистой энергии.
- 6) Минимальное загрязнение окружающей среды по сравнению с другими традиционными источниками энергии.

7) Небольшие эксплуатационные расходы, удешевляющие выработанную геотермальную электроэнергию.

Недостатки геотермальной энергии:

1) Низкая общая эффективность производства электроэнергии по сравнению с установками, работающими на ископаемом топливе.

2) Содержание в паре и горячей воде H_2S , CO_2 , NH_3 и газообразного радона, которые должны быть удалены химическим воздействием перед их выпуском.

3) Оседание грунта при непрерывном заборе нагретых грунтовых вод.

4) Сокращение срока службы установок из-за агрессивной и абразивной геотермальной жидкости.

5) Невозможность распределения тепловой энергии на большие расстояния.

6) Высокие начальные капитальные затраты и затраты на оборудование.

Геотермальная энергия неисчерпаема и применима для выработки электроэнергии и обогрева помещений, в промышленном технологическом нагреве и сельском хозяйстве. В настоящий момент геотермальная электроэнергия используется в 24 странах, а геотермальное отопление — в 70 странах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алхасов А. Б. Возобновляемая энергетика / А. Б. Алхасов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. — 256 с. — Текст : непосредственный.

2. How Geothermal Power Plant Works – Explained? - Text : electronic / Mechanical Booster : site. — URL : <https://www.mechanicalbooster.com/2017/11/geothermal-power-plant.html> (date of the application 05.11.2022).

3. Geothermal Power Plants. - Text : electronic / Clean Energy Ideas : site. — URL : <https://www.clean-energy-ideas.com/geothermal/geothermalpower/geothermal-power-plant/> (date of the application 05.11.2022).

4. Geothermal Power Plants. - Text : electronic / Energy Education : site. — URL : https://energyeducation.ca/encyclopedia/Geothermal_power_plants#cite_note-7 (date of the application 05.11.2022).

5. Geothermal Energy – Types, Working, Diagram, Advantages, Disadvantages. - Text : electronic / LearnMech.Com : site. — URL : <https://learnmech.com/geothermal-power-plants/> (date of the application 05.11.2022).

ЭНЕРГОБАЛАНС: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ

Куликова З. Б., бакалавр, zlatakulikova1601@gmail.com

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Устойчивый экономический рост и высокое качество жизни возможны только при надежном функционировании энергетики. С этой целью, восполнение энергетического баланса Республики Татарстан является одним из базовых, ключевых экономических комплексов. Реализуемый план по развитию энергетической независимости за счет производства необходимого количества энергии на источниках генерации энергосистемы Республики Татарстан на основе применения новых технологий, высокого качества и уровня надежности энергоснабжения являются приоритетными задачами для регулирования существующего дефицита энергобаланса.

Ключевые слова: энергетический баланс, топливно-энергетический комплекс, автоматизация процессов, рынок энергетических ресурсов.

Энергобаланс региона характеризует количественное соотношение между поступлениями и расходами топливно-энергетических ресурсов, хозяйственной деятельностью, с учетом изменений запасов ресурсной базы, потерь, связанных с добычей, переработкой и распределением топлива, и объемов импортно-экспортных операций, исходя из чего, формируется информационная база для дальнейшего принятия решения в сфере энергетики [1].

Республика Татарстан является регионом с развитым промышленным хозяйством. Энергетическая отрасль в полной мере направлена на обеспечение запросов потребителей в тепловой и электрической энергии и является базой для перерабатывающей и добывающей отрасли нефтяной, а также химикотехнологической и машиностроительной промышленности, которые в свою очередь, оказывают большое давление на энергетическую систему.

Нормативно-правовая база Республики Татарстан в контексте ведения топливно-энергетического баланса определена республиканским Законом от 17 июня 2015 года №41-ЗРТ «Об утверждении Стратегии развития топливно-энергетического комплекса Республики Татарстан на период до 2030 года». Поставленная согласно Стратегии развития до 2020 задача по уменьшению энергоемкости на 40% относительно уровня базового 2007 года не достигнута.

По состоянию на конец 2021 год электроэнергетические затраты потребителями в регионе увеличились на 10%, составив 32 млрд кВт/ч, за счет роста промышленного потребления. Несмотря на то, что показатели производства электроэнергии повысились на 13%, достигнув 27 млрд кВт/ч, существующий дефицит электроэнергии в республике сохранился. Недостаток мощностей восполняется путем потребления энергии из единой системы электроэнергии страны.

Согласно отчету Минпромторга Республики Татарстан, к 2025 году республика полностью выйдет на полное самообеспечение в части электроэнергии, тем самым восполнив дефицит в энергобалансе.

В настоящее время Республика Татарстан, являясь одним из лидирующих регионов Приволжского федерального округа и занимая активную позицию по вопросам развития объектов генерации, энергопотребления, энергоэффективности, имеет положительный опыт во внедрение инновационных технологий в процесс формирования баланса.

Существенное увеличение прогнозируется за счет реализации новых инвестиционных проектов в области распределенной генерации, энергетическая мощность которой на текущий год составляет всего 3,5% от установленной мощности в республике и ее дальнейшее увеличение в 2023 году до 13,9% [2].

Крупнейшим производителем электроэнергии в регионе остается Заинская ГРЭС, с электрической мощностью в 2400 МВт. Однако электростанция испытывает серьезные проблемы из-за значительного износа оборудования. В связи с тем, что возник риск того, что электростанция не достигнет своей номинальной мощности руководством республики принято решение о необходимости модернизации станции. Реализация данного проекта встала под угрозу в 2022 году в связи зависимостью от импортируемого оборудования General Electric и Siemens. На заседании Кабинета министров Президент Республики Татарстан Р.Н. Минниханов подчеркнул первоочередность вопроса для региона технологического импортозамещения.

Комплекс энергетического хозяйства региона реализуется в соответствии со Схемой и программой развития электроэнергетики (СИПР), которая является основой для разработки инвестиционных программ электроэнергетических предприятий.

В целях восполнения энергобаланса в Республике Татарстан до 2024 года утверждено 6 инвестиционных программ электроэнергетических субъектов на сумму более 50 млрд. рублей, в том числе крупных энергетических компаний республики – «Сетевой компании» и «Татэнергосбыта», а также смежных сетевых организаций ООО «КАМАЗ-Энерго», Горьковская дирекция, Куйбышевская дирекция, ООО «Оборонэнерго».

Кроме того, помимо увеличения объемов производства электроэнергии, в республике активно реализуются инвестиционные программы, нацеленные на снижение затрат потребителей-предприятий. В наиболее крупных предприятиях, таких как «Нижнекамскнефтехим», «ПОЗИС», «Татнефть» и других приняты программы энергоэффективности и энергосбережения [3].

Главным условием для оперативного развития конкурентоспособного рынка электроэнергетического хозяйства в регионе и предотвращения появления дефицита или переработки энергии являются формирование и внедрение системы правил регулирования рынка и управления поведением его субъектов. Тиражирование опыта республики в создании систем анализа и

формирования соответствующих статистических баз, позволяющих накапливать информацию по поставке и потреблению энергетических ресурсов для последующего создания схем является одним из возможных решений развития отрасли в стране в долгосрочном периоде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмакаева Р. Н. Разработка формализованного описания бизнес-процесса по формированию сводного топливно-энергетического баланса для органа государственной власти / Р. Н. Алмакаева. - Текст : непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. - 2019. - № 5-1(83). - С. 11-17.

2. Программа энергоэффективности на заседании Кабинета министров Республики Татарстан. - Текст : электронный // Казань : официальный сайт. - 2022. - . URL: <https://kzn.ru/meriya/press-tsentr/novosti/nazasedanii-kabmina-rt-obsudili-realizatsiyu-programmy-po-energoresursoeffektivnosti/> (дата обращения : 15.11.2022).

3. Юсупова И. В. Основные направления развития энергетики Республики Татарстан в контексте реализации стратегических и программных документов развития отрасли / И. В. Юсупова. - Текст : непосредственный // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. - 2022. - № 3. - С. 296-306.

Научный руководитель: Бурганов Р.А., д-р экон. наук, профессор

УДК 338.45

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИТУАЦИЙ В ЭКОНОМИКЕ НА РАЗВИТИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Латфуллина Г. Э., бакалавр, gulnazlatf@yandex.ru

Бурганов Р. А., д-р экон. наук, профессор, burganov-r@mail.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В настоящей работе, основанной на методе анализа отечественных источников литературы, предпринимается попытка исследования проблемы влияния современных ситуаций в экономике страны на развитие процессов замещения импорта в энергетике РФ. Актуальность написания статьи обусловлена наличием в научных базах небольшого количества новых публикаций на русском языке на обозначенную тему. В ходе исследования было выявлено, что внешние и внутренние экономические изменения, вызванные санкционными ограничениями, активно влияют сегодня на развитие импортоза-

мещения продукции отрасли ТЭК. Однако, вопреки распространенным суждениям, существенных проблем и трудностей в обозначенном контексте ожидать не следует, в виду заблаговременной подготовленности российских энергокомпаний к наблюдающимся экономическим переменам и тесному финансовому сотрудничеству последних с органами государственной власти нашей страны.

Ключевые слова: экономика, энергетика, производство, импортозамещение, санкции.

Общеизвестно, что февральские события 2022 года для большого числа отечественных предприятий энергетики ознаменовали новый этап в сфере импортозамещения. Так, ключевой игрок в электросетевом секторе – ПАО «Россети» – заместили импорт на 90% с начала массового перехода экономики России на отечественные технологии. Однако, что касается других компаний, аспектов, примеров и процессов данного контекста, то в научной литературе на русском языке практически отсутствует информация на данную тему, что обуславливает актуальность написания настоящей работы, в которой предпринимается попытка представления текущего положения дел в области влияния современных ситуаций в экономике на развитие импортозамещения в энергетике в РФ.

Фактически рост интереса к импортозамещению для энергокомпаний РФ начался еще в 2014 г., когда наблюдалась так называемая первая волна санкционных мероприятий. Тогда производители усиленно приступили к выпуску собственных технико-технологических продуктов в области электроники, электрооборудования и электроустановок, в том числе АСУ ТП и различных роботизированных комплексов, предназначенных для обследования состояния объектов ЭЭС [1]. Успешным примером замещения импорта в российской экономике был назван сектор электросетей, где доля импортной продукции с 2014 г. по 2022 г. была снижена в шесть раз, при том, что протяженность ЛЭП и число подстанций в данный период только росли.

В связи с тем, что процессы замещения импорта с годами в нашей стране только набирали обороты, согласно заявлениями Минэнерго, в начале 2022 года отечественный сектор ТЭК был практически полностью готов к потенциальным ограничениям поставок продукции. Кроме этого, было отмечено, что в данном контексте у энергокомплекса страны в наличии имеется до трех лет запаса. Эксперты также сообщают, что отечественная электроэнергетика способна стабильно и надежно проработать более двух лет только на собственных резервах, без привлечения стороннего импорта [2]. Таким образом, современное состояние обозначенного в теме данной статьи вопроса сегодня весьма определено и изучено, что является значительным драйвером для обсуждения и активного опубликования соответствующей информации.

Наиболее подробные данные, характеризующие происходящие в стране тенденции по импортозамещению в сфере энергетики, предоставляет в насто-

ящее время упомянутая компания «Россети», которая сформулировала важнейшие задачи, выполнить которые стремиться как сама, так и иные энергопредприятия России, желающие оставаться конкурентоспособными на рынке в нынешний непростой экономический период: повышение показателей эффективности управления электросетями; обеспечение надлежащей энергетической безопасности с помощью собственных технологий и решений; нивелирование рисков валютных колебаний; подотчетное соблюдение ограничений импортных поставок из зарубежных государств; ускорение темпов развития производства технико-технологической базы; укрепление энергетической экономики страны на мировой арене [3].

Важнейшим фундаментальным подходом к импортозамещению, который был принят в электросетевых компаниях следует назвать типизацию стратегий и решений, реализуемую путем разработки и внедрения СТО на отечественную электротехнику. Данные тенденции обусловлены требованиями упрощения сборки продукции энергосектора. Примером последней можно назвать сборку электротехнического оборудования с помощью «блоков». Такое решение является весьма экономически выгодным и менее затратным по времени для российских изготовителей и производителей, оказавшихся сегодня в рамках санкционных ограничений. Типизация открывает возможности не только предварительного прогнозирования заказов, но и позволяет стандартизировать выпуск соответствующей продукции. Результаты этой стратегии можно сегодня проследить в строительстве и внедрении в эксплуатацию электрических подстанций, которые в обязательном порядке являются типовыми проектами. Стоит отметить, что помимо многочисленных примеров замещения импорта крупногабаритной продукции, такой как силовые трансформаторы, уже сегодня российскими компаниями «ЗЭТО» и «УЭТМ» активно развиваются проекты по промышленному выпуску отечественных изоляторов для электроустановок до 750 кВ, где годами ранее доля импорта составляла до 100% [2, 3].

Ключевой проблемой в последующем повсеместном замещении импорта может стать недостаточное проявление инициатив государственной финансово-социальной поддержки предприятий ТЭК. Однако, как показывает анализ, последние располагают высоким потенциалом освоения выпуска большого перечня собственных номенклатурных изделий (до 98% к 2030 г.) за счет активного сотрудничества с такими госорганами как Минпромторг при содействии Национального союза производителей «РОСЭЛЕКТРО». Несмотря на то, что ряд экспертов сегодня рекомендуют обращать особое внимание энергетиков страны на проблемы в замещении зарубежных компонентов в области микроэлектроники, накопителей энергии, «умных» технологий энергосбережения и электроснабжения, многие крупнейшие энергопредприятия страны, такие как, например, «Русгидро» и «СО ЕЭС», еще в 2014 г. приступили к реализации мер по взаимодействию с властями, которые и по сей день комплексно поддерживают отече-

ственных производителей в процессах импортозамещения любого перечня энергооборудования. Это означает, что серьезных проблем и кризисов в энергетике России в ближайшие годы ожидать не следует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурганов Р. А. Решение институциональных проблем как фактор стабильного развития электроэнергетики / Р. А. Бурганов, Э. Р. Алтынбаева. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Проблемы энергетики. - 2014. - № 9-10. - С. 111-115.

2. Как заместить импорт: опыт российских энергокомпаний. - Текст : электронный // РБК. Тренды : официальный сайт. - 2022. - URL : <https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/6256d60d9a7947467eaa3c0a> (дата обращения : 15.11.2022).

3. Дубков В. А. Импортозамещение и его роль в развитии отечественного производства / В. А. Дубков. – Текст : непосредственный // Общество. - 2022. - № 1. - С. 57-65.

УДК 621.316

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТА ЭНЕРГИИ

Леонов Е. Н., канд. техн. наук, доцент, leonoven@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Система управления энергопотреблением современного здания – это сложная структура, используемая для мониторинга и контроля энергетических потребностей здания. В перспективе такие системы могут быть использованы для проектирования зданий с нулевым энергопотреблением (ZEB), а также для оптимизации энергопотребления зданий с помощью эффективных алгоритмов.

Ключевые слова: Интернет энергии, система управления энергопотреблением здания, здание с нулевым потреблением энергии.

Концепция энергетической безопасности в настоящее время стала важным вызовом для устойчивого экономического развития всего мира. Растущий спрос на электроэнергию приводит к перегрузке сетей и ухудшению качества электроэнергии. Широкое использование ископаемого топлива оказывает серьезное воздействие на окружающую среду. Альтернативой ископаемому топливу выступают возобновляемыми источниками энергии. Однако их интеграция в коммунальные сети сталкивается с про-

блемами создания эффективных систем управления и хранения энергии. В качестве развития интеллектуальных сетей может быть предложена Технология Интернета энергии (IoE), обеспечивающая эффективное использование вырабатываемой энергии.

IoE сочетает в себе функции интеллектуальной сети и Интернета вещей (IoT). IoT строится на основе архитектуры Интернета, которая облегчает обмен услугами, информацией и данными между множеством интеллектуальных объектов. IoT может широко использоваться в мониторинге интеллектуальных сетей, распределении электроэнергии, телеметрических услугах, специальных приложениях, а также прогнозировании погоды. Интеллектуальная сеть может обеспечить двустороннюю связь между сетью и системой управления энергопотреблением, а также отслеживать и контролировать энергоблоки. Поэтому IoE все чаще используется для мониторинга и управления энергетическими сетями. Подобно маршрутизации информации в Интернете, энергия передается от источника к нагрузке, когда это необходимо.

Рассмотренная в ряде исследований [1, 2] энергетическая система здания с нулевым потреблением энергии (zero energy building – ZEB) определяется на основе различных параметров, таких как использование энергии, возможности возобновляемых источников энергии, подключение к коммунальной сети и рекомендаций [3]. Многие страны в настоящее время реализуют концепцию ZEB в своем перспективном развитии [4].

В последнее время было проведено множество исследований системы управления энергопотреблением зданий (СУЭЗ) с использованием IoT, основанных на оптимизации и сборе данных в реальном времени, моделях сокращения выбросов углерода и анализе затрат и выгод. Основное внимание уделяется снижению потерь энергии, что ведет к устойчивому развитию энергетики во всем мире. На Рис. 1 показан поток энергии типичного здания, в котором электрические чиллеры, насосы, вентиляторы и приборы потребляют электроэнергию от гибридной системы накопления энергии (СНЭ), состоящей из фотоэлектрических (ФЭ), ветряных турбин (ВТ) и биодизельного генератора (БДГ). Здесь сеть выступает в качестве резервного поставщика электроэнергии и приемника для зданий. Соответственно, были проведены исследования СУЭЗ, основанных на оптимизации и сборе данных в реальном времени, сокращении выбросов углерода и моделях анализа затрат и прибыли. Однако эти технологии все еще находятся в стадии разработки.

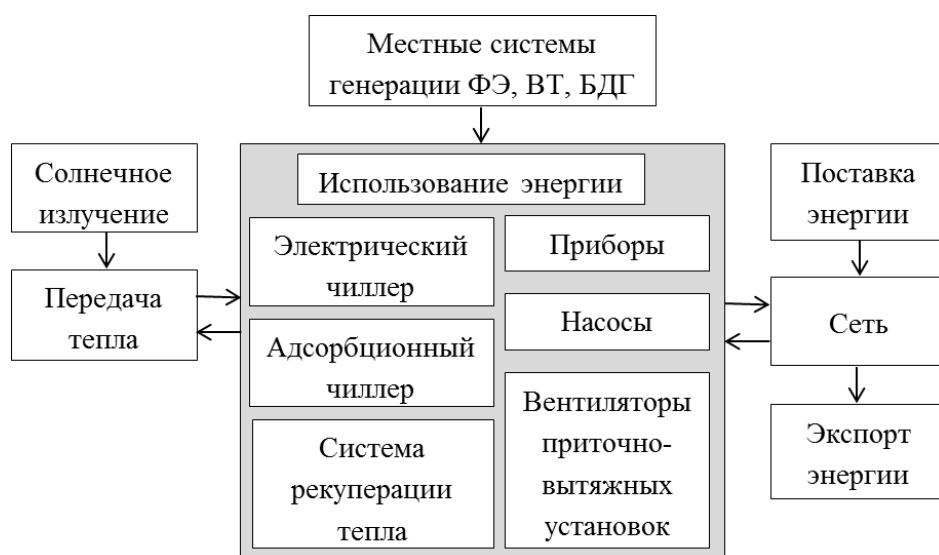


Рис. 1. Поток энергии энергосистемы здания

СУЭЗ – это метод, используемый для мониторинга и контроля энергопотребления зданий. Для СУЭЗ предложена концептуальная основа, показанная на Рис. 2, где ключевыми параметрами считались управление с учетом погодных условий и влиянием человека. Информационная модель здания (BIM) хранит информацию о геометрии, физических свойствах и компонентах здания, которую можно использовать для расчета интенсивности освещения и тепловой эффективности здания. Энергоэффективность здания можно измерить, создав заданные значения для эталонной энергетической модели.



Рис. 2. Концептуальная основа алгоритма интеллектуальной СУЭЗ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков А. С. Технология и организация строительства здания с нулевым потреблением энергии / А. С. Горшков, Д. В. Дерунов, В. В. Завгородний. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – № 3(8). – С. 12-23.
2. Пирогов А. Н. Особенности многоэтажных жилых зданий нулевого потребления энергии для холодного климата / А. Н. Пирогов, С. Е. Щеклеин, Н. И. Данилов. – Текст : непосредственный // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2015. – № 8-9(172-173). – С. 58-62.
3. Ахтулов А. Л. Методика оптимального выбора источников энергии в электротехнических системах с распределённой генерацией / А. Л. Ахтулов, Е. Н. Леонов, В. К. Федоров. – Текст : непосредственный // Динамика систем, механизмов и машин. – 2016. – № 2. – С. 20-25.
4. Гончаренко Ю. А. Теоретическая основа энергоэффективных жилых зданий / Ю. А. Гончаренко. – Текст : непосредственный // Научный Лидер. – 2021. – № 16(18). – С. 26-27.

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЮФО

Лесниченко И. Н., бакалавр, lesnichenkoivan@yandex.ru
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной работе, основанной на анализе источников литературы, предпринимается попытка рассмотрения становления и текущего развития возобновляемой энергетики в Южном Федеральном Округе, с целью представления научному сообществу современных проектов и инициатив данного сектора ВИЭ в этом регионе.

Ключевые слова: Южный Федеральный округ, энергетическая стратегия, электроэнергетика, возобновляемая энергетика, экономическое развитие

В любой дискуссии об изменении климата возобновляемые источники энергии обычно возглавляют список изменений, которые мир может осуществить, чтобы предотвратить наихудшие последствия повышения температуры. Это потому, что возобновляемые источники энергии, такие как солнце и ветер, не выделяют углекислый газ и другие парниковые газы, которые способствуют глобальному потеплению.

Чистая энергия имеет гораздо больше оснований рекомендовать ее, чем просто быть "зеленой". Растущий сектор создает рабочие места, делает

электрические сети более устойчивыми, расширяет доступ к энергии в развивающихся странах и помогает снизить счета за электроэнергию. Все эти факторы способствовали возрождению возобновляемых источников энергии в последние годы, не только во всём мире, но и в России. [1,2]

За последние годы самым перспективным регионом России по росту объектов возобновляемой энергетике является Южный Федеральный Округ. Только за 2020 год в Южном округе были запущены ветропарки общей мощностью 700 МВт, из которых 320 МВт были построены в Ростовской области. В следствие чего Юг стал очень привлекательной площадкой для иностранных и российских компаний, занимающихся развитием возобновляемых источников энергии. [3]

Большинство проектов, которые были построены в регионе, реализованы Фондом развития ветроэнергетики (создан на паритетной основе компаниями «Фортум» и «Роснано»). Кроме этой компании, свои установки здесь строят «Новавинд» (дивизион «Росатома») и ПАО «Энел Россия» (входит в структуру итальянской группы Enel). Также на Дону развивается и производство компонентов для ВЭС. Два года назад в регион пришли глобальные разработчики и поставщики технологий: голландская Lagerwey, датская Vestas, испано-германская Siemens Gamesa Renewable Energy и испанская Windar Renovables, которые участвуют в развитии производства основных компонентов для ветроустановок (башни, ступицы, гондолы, генераторы, системы охлаждения). Заводы этих компаний были запущены в Волгодонске и Таганроге.

Как говорит гендиректор Агентства инвестиционного развития Ростовской области (АИР) Игорь Бураков: «В Ростовской области уже сосредоточено более 25% всех российских проектов в сфере ветроэнергетики.», что уже на данный момент даёт инвестиционное преимущество над другими регионами России. Помимо этих показателей в Ростовской области планируется постройка и ввод в эксплуатации ВЭС суммарной мощностью 560 мегаватт. [4]

Созданная в ЮФО энергетическая инфраструктура на основе возобновляемой энергетике не только помогает заботиться об экологии, но и также помогает разгрузить остальные отрасли энергетике. С каждым годом всё больше российских компаний выбирают своим приоритетом использование «зелёной энергетике» за место углеводородной энергетике. Так, «Сбер», Procter & Gamble (P&G), Unilever, «Щёкиноазот» получают энергию, которую вырабатывают донские ветропарки, принадлежащие сейчас СП «Фортума» и РФПИ. В частности, «зелёные» киловатты поступают на завод P&G в Новомосковске (Тульская область) — один из крупнейших в ЕС производителей бытовой химии. Как говорит Сотирис Маринидис, глава P&G в Восточной Европе, в первую очередь их российская «дочка» сфокусируется на сокращении выбросов, а затем — на реализации других масштабных экопрограмм.

Также есть и другие производители энергии, которые обеспечивают крупных потребителей. Так, Адыгейская ВЭС, запущенная в 2019 году компанией «Новавинд» (дивизион «Росатома»), поставляет ток заводу «Биаксплен» — самарской «дочке» нефтехимической группы «СИБУР». По словам одного из директоров по энергетике и ресурсобеспечению СИБУРа Владимира Тупикина, ключевой целью холдинга является наращивание использования «зелёной энергетики» и стремление организации до 2025 года полностью покрыть запросы в энергетике с помощью ВИЭ. [2]

«В 2019 году мы запустили солнечную электростанцию на одном из наших активов и планируем далее увеличивать объём использования возобновляемых источников за счёт собственной генерации и при помощи прямых договоров с поставщиками», — цитирует г-на Тупикина пресс-служба компании. [3]

Несмотря на перечисленные успехи, энергетические возможности ЮФО обладают гораздо большим потенциалом для развития возобновляемой энергетики. На территории округа могут применяться устройства для переработки разного вида энергии. Одними из самых перспективных направлений в этой области являются:

- солнечная электроэнергетика (использование которой имеет большие перспективы развития в таких регионах, как Краснодарский край, Ставропольский край, республика Крым, так как эксперты насчитывают в этих регионах 260-280 солнечных дней, что является одним из лучших показателей по всей России)

- солнечная теплоэнергетика (использование такого вида энергии становится всё востребованней, так как с каждым годом число туристов, которые приезжают на Юг России, увеличивается, и чтобы обеспечить их всех теплом требуются дополнительные мощности. Также не будем забывать, что за минувшие несколько лет множество крупных холдингов открыли свои предприятия на территории ЮФО. Среди таких компаний можно выделить несколько: винный холдинг «Ариант», основателем которого является Александр Аристов, в 2017 году открыл свои предприятия «Кубань-Вино» и «Агрофирма "Южная"» в Краснодаре и Новороссийске соответственно. Также можно отметить группу «Новое Содружество», президентом которой является Константин Бабкин, в период с 2015 по 2022 год этой компанией было открыто в Ростове-на-Дону 2 завода по производству отечественных тракторов, а также было увеличено производство комбайнов в Ставропольском крае.)

- ветроэнергетика (данный вид энергии достаточно хорошо развит в степных регионах Юга России таких, как: Ростовская область, Ставропольский край, Калмыкия, Астраханская область. За последнее время этот вид энергетики имеет один из самых быстрых темпов роста и многие как российские, так и иностранные инвесторы обращают свой взгляд на ветроэнергетику, как на источник доступной и дешёвой энергии. В будущем масштабное развитие данного вида энергии целесообразно в условиях об-

ширных прибрежных зон Азовского и Черного морей, а также протяженной области Армавирского ветрового коридора (зона интенсивных постоянных по силе и направлению ветров))

- геотермальная энергетика (Суммарная тепловая мощность эксплуатируемых геотермальных месторождений в ЮФО составляет 300 МВт, преимущественно большинство установок находятся в близи Черноморского побережья. Этот вид энергии достаточно перспективен связи с дешевизной его эксплуатации, правда большинство геотермальных месторождений находятся в труднодоступных местах, что существенно усложняет добычу данного вида энергии.)

- биоэнергетика (ЮФО один из самых развитых сельскохозяйственных регионов России. В этом регионе располагается множество сельхозугодий, вырабатывающих большое количество отходов, которые в свою очередь могут быть использованы в биоэнергетики. К сожалению, на сегодняшний момент этот вид энергии не так хорошо развит и не имеет достаточно инвестиций, чтобы считаться полноправным заменителем углеводородов. Но всё же не стоит отменять те перспективы, которые может принести биоэнергетика в будущем, так как она является не только экологичным способом добычи энергии, но и служит хорошим утилизатором отходов, что поможет уменьшить антропогенный фактор и улучшит экологическую обстановку в регионе.) [4]

Итак, подводя итоги, можно сказать, что ЮФО имеет большие перспективы в возобновляемой энергетике. В этом регионе за счёт климатических условий могут быть реализованы практически все виды ВИЭ, и на данный момент в ЮФО уже сформирован основной плацдарм для развития подобной добычи энергии, и с каждым годом за счёт новых инвестиций в эту область он только расширяется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пасечкин Н. Н. Проблемы и перспективы использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии / Н. Н. Пасечкин. – Майкоп : Лань, 2009. – 356 с. – Текст: непосредственный.
2. Власов К. Н. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / К. Н. Власов, Л. Е. Рябков, А. С. Николаев. – Краснодар : Дрофа, 2013. – 294 с. – Текст: непосредственный.
3. Гречухина И. А. Возобновляемые источники энергии как фактор трансформации глобальной энергетике / И. А. Гречухина. – Ростов-на-Дону : Наука, 2019. – 58 с. – Текст: непосредственный.
4. Четошникова Л. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / Л. М. Четошникова. – Челябинск : Фолиум, 2015. – 20 с. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Мухаметжанов Р.Н., преподаватель

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Лыткин К. А., бакалавр, kirill.lytkin.2003@mail.ru

Пигилова Р. Н., преподаватель, rozapigilova@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Оценка использования автоматизированной системы управления энергоснабжением (АСУЭ) предприятия является неотъемлемой частью на любом предприятии, в связи с оптимизацией использования электроэнергии и рабочей силы, а также контроль за энергообеспечением. В данной статье также рассмотрены основные функции подобной системы и проведен анализ функций.

Ключевые слова: АСУЭ, объекты управления, оптимизация, архитектура, сервер АСУЭ, контроллеры.

Как правило, ни одно предприятие не может обойтись без автоматизированных систем управления энергоснабжением (АСУЭ), тем более промышленное, в связи с большим количеством зданий и сооружений, которые требуют постоянное питание и контроль (оценка и анализ потраченной электроэнергии). Основными назначениями АСУЭ являются [1]:

- Прогноз энергопотребления на основе входных данных с различных систем получения этих самых данных.
- Контроль за настройками и параметрами системы.
- Управление всей аппаратурой, отвечающей за коммуникацию и полное энергообеспечение предприятия.
- Создание отчетных, статистических и плановых документов.

Проведя небольшой анализ АСУЭ, можно убедиться в сложности всей системы. Отдельно выделяются специалисты, которые составляют эти системы для промышленных предприятий. Зачастую такие предприятия ставят цели при использовании АСУЭ [2]:

- Реализация более лучших режимов электроснабжения, пересчет электроэнергии и экономия.
- Уменьшение и предотвращение ущерба на предприятии, повышение качества оборудования путем сбора статистических данных.
- Снижение удельной энергоемкости производства.
- Большой срок службы оборудования.

АСУЭ обширен и представляет собой систему, которая предназначена для выполнения широкого комплекса информационно-управляющих функций. Из функций выделяют не только контроль и анализ оборудования, а также диагностику самого же оборудования. Система предупреждает администратора, когда какая-либо деталь нуждается в ремонте или замене, указа-

ны все сведения, вплоть до серийного номера. И как правило, АСУЭ — это не один компьютер, а связь смежных ЭВМ.

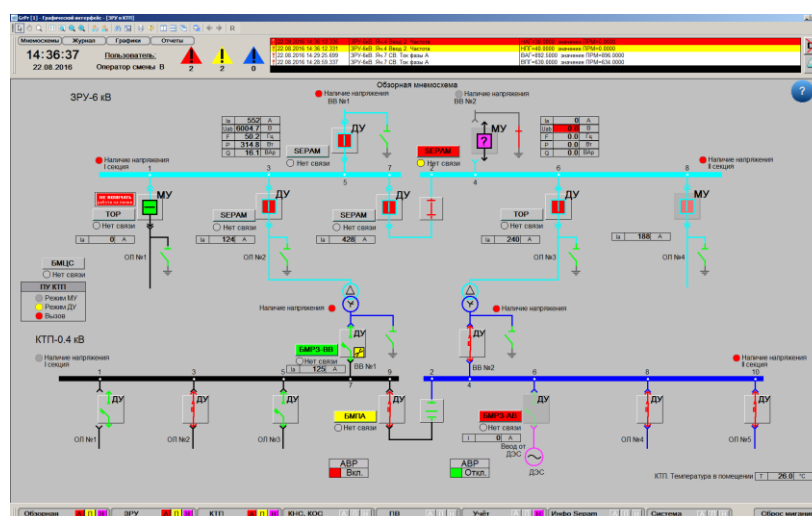


Рис. 1 Демонстрация графической оболочки одной из АСУЭ

Архитектура системы зачастую не требует больших мощностей процессора, исключением служат системы мировых предприятий, где не обойтись от многоядерных процессоров, и даже не в одном количестве.

Серверы базы данных российских предприятий работают под управлением SCADA КРУГ-2000, что обеспечивает не только поддержку отечественного производства, но и гарантирует поддержку, в случае ухода иностранного производителя.

Контроллеры являются неотъемлемой частью АСУЭ. Они не только обеспечивают ввод в систему данных и показания аналоговых и дискретных датчиков, а также прием и выдачу данных управления подсистемам АСУЭ вспомогательного оборудования.

АРМ операторы обеспечивают всю графику, то есть наглядное отображение всех данных, представленных как таблицы, так и журнал действий. Эти операторы защищены от несанкционированного вмешательства и ошибочных действий путем подключений отдельных модулей защиты. Это немаловажный фактор. В противном случае, такую систему будет просто взломать и навредить не только производству, но и работникам.

И последними поставляющими являются сервер единого времени и сетевое оборудование. Первое обеспечивает высокоточную синхронизацию времени всех компонентов в сети, путем получения точного времени UTC являются такие системы позиционирования и навигации как ГЛОНАСС (российского производства) и GPS. Второе же служит соединением всей системы с внешним миром и контролем всех интерфейсов. Сетевое оборудование необходимо еще в случае для обмена данных между блоками релейных защит и автоматики, установленными в разных ячейках [3].

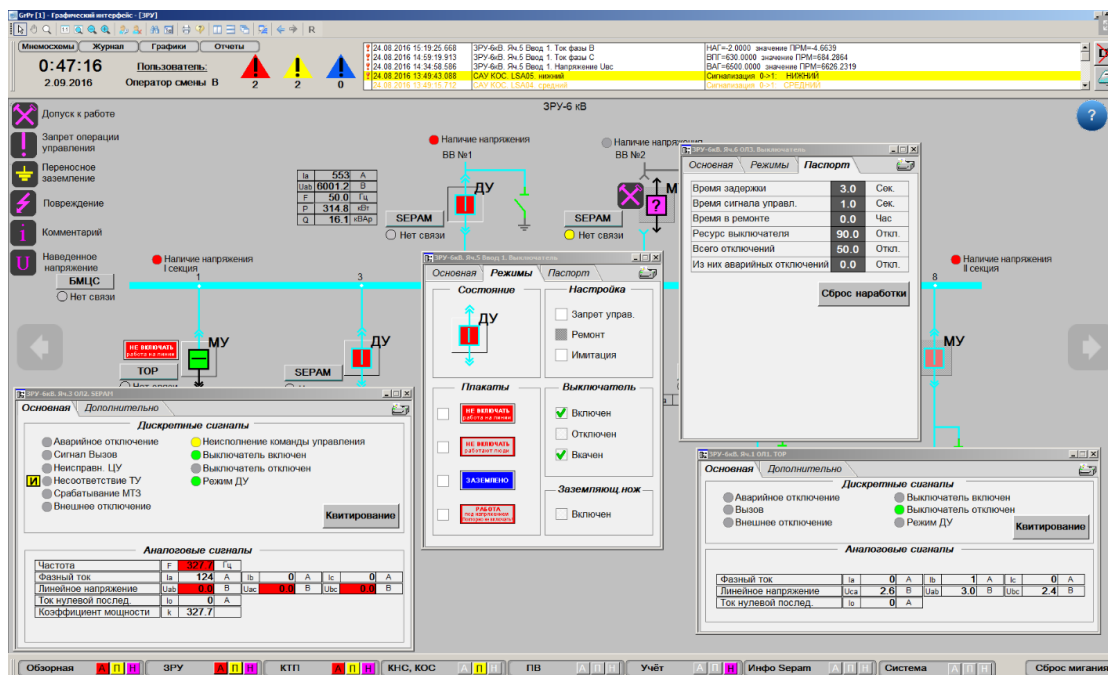


Рис. 2. Демонстрация некоторых пунктов меню в АСУЭ

Внедрение всех этих составляющих, помогает решить набор прикладных и расчетных задач, которые так нужны в департаментах энергетики. А увеличение количества задач, решаемых с использованием открытых технологий, позволяет интегрировать данную систему с другими ИТ-системами. Система, созданная со всеми вышеперечисленными пунктами, сможет решить ряд задач оценки энергоэффективности главных производственных процессов предприятия. Разработка и внедрение систем такого класса, в настоящее время, позволяет надеяться на верное и правильное решение поставленных задач для промышленных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимин В. А. АСУ энергоснабжения (АСУЭ) как ключ к энергосбережению / В. А. Зимин, С. Н. Клиндухов. – Текст : непосредственный // Территория Нефтегаз. – 2008. – № 4. – С. 14-19.
2. Линьков А. О. Концептуальные основы создания систем автоматизированного управления энергообеспечением промышленного предприятия. Автоматизация в промышленности / А. О. Линьков. – Текст : непосредственный // Сервис в России и за рубежом. – 2009. – № 2(12). – С. 80-88.
3. Тобоков Р. В. Методические основы создания систем автоматизированного управления энергообеспечением пром. предприятия / Р. В. Тобоков, И. В. Игнатьев. – Текст : непосредственный // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2020. – Т. 1. – С. 41-43.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ С РЕЗИСТИВНЫМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ 6-35 КВ

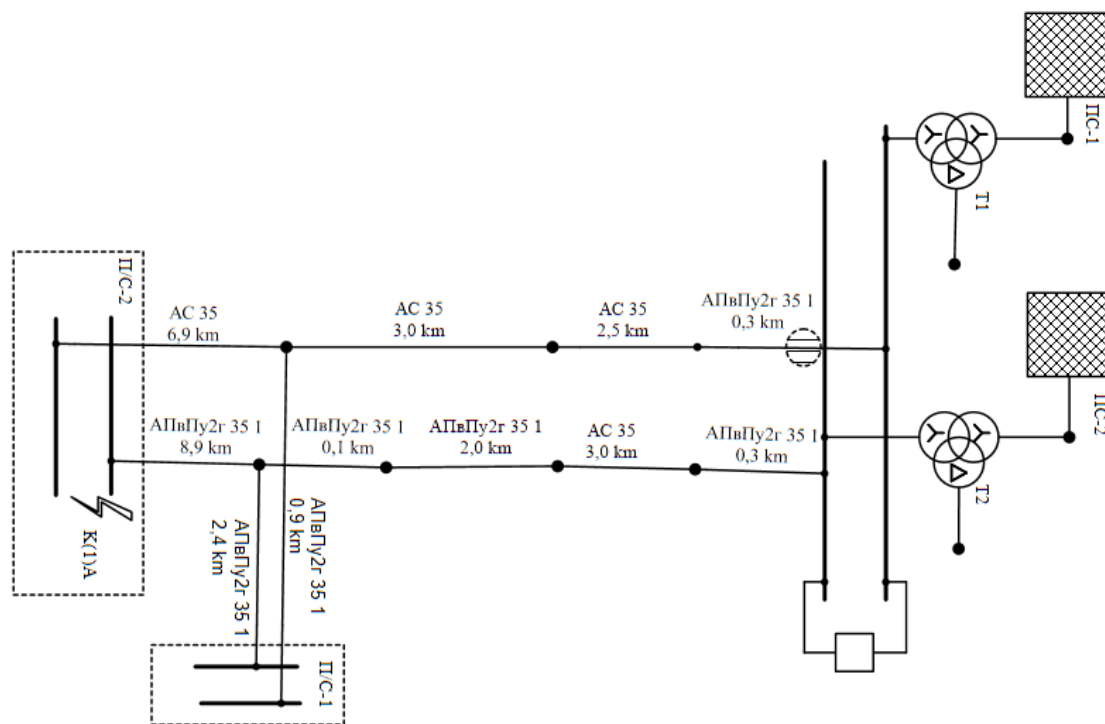
Мавляутдинов Л. Р., бакалавр, linar.mavlyautdinov@gmail.com
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Сети напряжением 6-10 кВ работают преимущественно с изолированной или компенсированной нейтралью [1]. В таких сетях релейная защита от однофазных замыканий на землю, как правило, не способна селективно определить и отключить аварийное присоединение, поэтому выполняется с действием на сигнал. При этом вся сеть длительно находится под воздействием дуговых перенапряжений на время поиска повреждения [2], значение амплитуды перенапряжений при этом может достигать 3,5-3,8 фазного напряжения [3]. Указанные проблемы явились причиной разработки других способов заземления нейтрали – резистивных низкоомного и высокоомного. Применение резистивного заземления нейтрали позволяет избавиться от опасных перенапряжений и повышает быстродействие и селективность релейной защиты [4]. В работе рассматривается модель сети, реализованная в программном комплексе *PSS Sincal*, позволяющая моделировать различные виды повреждений и режимы заземления нейтрали.

Ключевые слова: однофазное замыкание на землю, моделирование, линии электропередачи, *PSS Sincal*

Для исследования различных видов заземления нейтрали, нами была создана имитационная модель распределительной сети 10 кВ в программном комплексе (ПК) *PSS Sincal*, было произведено моделирование различных видов заземления нейтрали (рис. 1).

PSS Sincal предлагает множество модулей для проектирования, моделирования и анализа электрических и трубопроводных сетей [5]. В исследуемой сети напряжение 110 кВ соединена с понижающим трехобмоточным трансформатором 110/35/10 кВ. Обмотка на 10 кВ соединена с шинами ниже. Окружность, находящаяся на линии под второй секцией шин, обозначает устройство релейной защиты, которое должно среагировать в случае аварии.



Данная математическая модель позволит изучить все системы заземления нейтрали в дальнейшем исследовании.

1. Правила устройства электроустановок : нормативный документ : Утверждено Министерством энергетики Российской Федерации, приказ от 8 июля 2002 г. № 204: дата введения 2003-01-01 – Текст: непосредственный.
2. Паперный Л. Е. Режимы работы нейтрали электроустановок напряжением 0,4-750 кВ / Л. Е. Паперный, М. В. Алейникова. – Текст : электронный // Технические науки. – 2016. – URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/25623/Rezhimy_raboty_nejtrali_ehlektrostanovok_napryazheniem_0_4_750_kV.pdf (дата обращения: 13.11.2022).
3. Майоров А. В. Схемные решения заземления нейтрали сети 20 кВ мегаполиса / А. В. Майоров. – Текст : электронный // Электрические станции. – 2019. – № 3(1052). – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37643100> (дата обращения: 13.11.2022).
4. Методические указания по выбору режима заземления нейтралей в сетях напряжением 6 - 10 кВ предприятий ОАО «Газпром» : дата введения - 2006-08-10 : утвержден и введен в действие распоряжением ОАО «ГАЗПРОМ» от 20 марта 2006 г. № 25. Введен впервые. – URL : <https://rutas.group/files/tl19.pdf> (дата обращения: 13.11.2022). – Текст: электронный.

5. PSS®SINCAL – simulation software for analysis and planning of electric and pipe networks. – Текст: электронный. // Siemens : официальный сайт. - 2022. – URL : <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/pss-software/pss-sincal.html> (Дата обращения: 13.11.2022).

УДК 537.86

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУМЕРНОГО МАТЕРИАЛА MXENE В ЗАЩИТЕ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

Мартемьянов Д. С., бакалавр, msd1502@mail.ru

Алмазхан Н. А., бакалавр, almazkhanna@stud.kai.ru

г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ

Аннотация. В данной статье описывается использование легирования халькогенидных соединений создание гибкого диода и проблемы построения транзистора на их основе. Рассмотрение данной темы довольно актуально на сегодняшний день. Тонкое покрытие материала MXene на основе ванадия устройства непроницаемым для любых электромагнитных волн в спектре X-диапазона, который включает микроволновое излучение и является наиболее распространенной частотой, создаваемой устройствами. Исследование на основе MXene в сочетании полимера и ванадия открывает путь для разработки тонких, хорошо поглощающих материалов для защиты от электромагнитных помех.

Ключевые слова: MXene, электромагнитных помех, электромагнитных волн, полиуретан, защитное покрытие, экранирование.

MXene двухмерный материал, семейство двумерных (2D) карбидов, карбонитридов и нитридов переходных металлов, который может использоваться в различных областях, таких как литий-ионные и натрий-ионные системы накопления энергии или же в защите от электромагнитных помех.

Проблема электромагнитных помех актуальна на сегодняшний день. Это явление также может снизить производительность устройств и привести к перегреву и сбоям, если его не остановить. Остановить распространение помех помогает сочетание MXene, двумерного материала, с проводящим элементом под названием ванадий в полимерном растворе, создавая покрытие, способное поглощать электромагнитные волны. Добавление карбида ванадия в полимерную матрицу улучшает две ключевые характеристики материала, улучшают его экранирующие характеристики.

MXene - материал, известный своей прочностью и коррозионностойкими свойствами, который используется в стальных сплавах для космических аппаратов, имеет вид электрохимической сетки, которая идеально

подходит для улавливания ионов. Использование прозрачного для микроволн полимера делает материал более проницаемым для электромагнитных волн. Сочетание полиуретана (гетероцепные полимера) позволяет создать покрытие толщиной в 8 микрон, защищающее от помех падающих электромагнитных волн более чем на 92%. Попадающие на покрытие волны в диапазоне частот от 8 до 12 ГГц, рассеиваются и энергия волн преобразуется в очень небольшое количество тепла, которое легко рассеивается материал. Износостойкость соединения составляет 13% от своей эффективности [1].

Это соединение может использоваться в космической, авиационной технике, в качестве защиты электронного оборудования от ЭМИ, а также в комплексе способов снижения заметности от систем РЛС в виде нанесения покрытия на поверхность летальных объектов [2]. После нанесения MXene с сочетанием карбида ванадия в полимерную матрицу, техника или отдельные компоненты перестанут быть повержены излучению X-диапазону. Но помимо этого, можно предположить, что MXenes на основе ванадия могут сыграть ключевую роль в расширении технологий Интернета вещей и связи 5G и 6G [3].

Тонкое покрытие материала MXene на основе ванадия - менее толщины человеческого волоса - может сделать материал непроницаемым для любых электромагнитных волн в спектре X-диапазона, который включает микроволновое излучение и является наиболее распространенной частотой, создаваемой устройствами. Исследование на основе MXene в сочетании полимера и ванадия открывает путь для разработки тонких, хорошо поглощающих материалов для защиты от электромагнитных помех.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев П. А. Электромагнитная совместимость автотранспортных средств / П. А. Николаев Л. Н. Кечиев. – Москва : Грифон, 2015. – 422 с. – Текст : непосредственный
2. Седельников Ю. Е. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / Ю. Е Седельников. – Казань : ЗАО «Новое знание», 2006 - 304 с. – Текст : непосредственный
3. Кечиев Л. Н. Экранирование технических средств и экранирующие системы / Л. Н. Кечиев, Б. Б. Акбашев, П. В. Степанов. – Москва : Издательский Дом "Технологии", 2010. – 472 с. – Текст : непосредственный

Научный руководитель: Идиатуллин З.Р., канд. техн. наук, доцент

СОЕДИНЕНИЕ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГИБКИХ ДИОДОВ И ТРАНЗИСТОРОВ

Мартемьянов Д. С., бакалавр, msd1502@mail.ru

г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ

Аннотация. В данной статье описывается использование легирования халькогенидных соединений, создание гибкого диода и проблемы построения транзистора на их основе. На сегодняшний день эта тема довольно обсуждаема в научных кругах. Изучение таких металлов под воздействием температуры, привело к созданию гибкого диода, меняющего свойства проводимости. В будущем это открытие позволит уменьшить схемы на более универсальные и компактные.

Ключевые слова: диод, транзистор, халькогенидные металлы, полупроводники.

Для построения гибких диодов на основе транзисторов, необходимо изучение халькогенидных металлов под воздействием температуры.

В последнее время халькогенидные металлы находятся в центре изучения в полупроводниковой оптоэлектронике. Изучение бинарных соединений типа A^2B^6 , A^4B^6 (халькогениды цинка, кадмия, ртути, олова, свинца) и твердых растворов на их основе, наряду с полупроводниками группы A^3B^5 , относится к важнейшим материалам полупроводниковой оптоэлектроники. Но стоит помнить, что производство диода обычно включает в себя модификацию германиевых или кремниевых материалов с разными свойствами. Это процесс легирования.

Легирование фосфором, мышьяком или сурьмой, которое добавляет свободные электроны в материал, называется легированием *n*-типа. *N* относится к отрицательно заряженным электронам. Бор, алюминий и галлий, напротив, связывают электроны из кремния, в результате чего образуются положительно заряженные дырки. Следовательно, материал является *p*-легированным. Сочетание двух материалов создает диод, который позволяет току течь только в одном направлении.

Для создания гибкого диода транзистора необходимо создание халькогенидных соединений, которые при определённых температурах были бы *p*-типа проводник, при повышении температуры - *n*-типа проводник. Область температуры не сильно превышает комнатную. Исследователям все же удалось провести ряд удачных соединений, которые произвели переход из нормального *p*-проводника: применив температурный градиент, одновременно сгенерировав *n*-проводник в нагретых областях. Халькогенидный металл $Ag_{18}Cu_3Te_{11}Cl_3$, состоящий из элементов серебра, меди,

теллура и хлора, меняет свои свойства *n*-проводимости при комнатной температуре 22 °С в *p*-проводимость при температуре 35 °С [1]. Если убрать разность температур, то диода на этом месте как электронного прибора не станет, создав разность температур, диод снова появится. При этом физически металл, всё время находится в электрической схеме.

В качестве следующего шага – построение транзистора из хальдегидного соединения - стоит решить ряд проблем, а именно связанных с теплообменом внутри полупроводников и собственным нагреванием за счёт линейного режима работы транзистора. Данный значительный минус транзисторов является зависимостью их характеристик от температурной нестабильности. Присутствие повышения температуры приводит к увеличению электропроводности полупроводников и, следовательно, токи в них возрастают. В наибольшей степени возрастает обратный ток *p-n* перехода. Это приводит к изменению характеристик *p-n* перехода. Из-за подачи низкого градиента температур между переходами, построение транзистора на сегодняшний день невозможно.

Уже сегодня есть потенциал применения таких диодов в области электрических схем, имеющих постоянный градиент. В будущем это позволит усовершенствовать нашу повседневную технику.

Изучение халькогенидных металлов под воздействием температуры, привело к созданию гибкого диода, меняющего свойства проводимости. Построение транзистора с этими свойствами на сегодняшний день невозможно, из-за проблемы с градиентом температур и теплообменом между *p-n*-переходами, но в будущем это позволит усовершенствовать схемы на более универсальные и компактные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин М. В. Электротехника и электроника. / М. В. Гальперин. - Москва : Инфра-М, 2009. – 480 с. – Текст: непосредственный.
2. Комиссаров Ю. А. Основы электротехники, микроэлектроники и управления / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Г. И. Бабокин. – Москва : Издательство Юрайт, 2017. – 313 с. – Текст: непосредственный.
3. Неганов В. А. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Проектирование, конструктивная реализация, примеры применения устройств СВЧ / В. А. Неганов, Д. С. Ключев, Д. П. Табаков. – Москва : Ленанд, 2017. – 608 с. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Соколов В. С., ст. преподаватель

ВОЛАН ДЛЯ ИГРЫ В БАДМИНТОН С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТОМ

Махиянов А. В., аспирант, artur.makhiyanov.sems510@mail.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. В современном мире существует большое количество различных снарядов для фиксирования силы удара, используемые для игры в бадминтон и других играх. В данной статье рассматриваются известные технические решения снарядов для игры в бадминтон и новое техническое решение - волан для игры в бадминтон с пьезоэлектрическим элементом. Задачей, на решение которой направлен волан для игры в бадминтон с пьезоэлектрическим элементом, является фиксирование удара путем сжатия пьезоэлектрического элемента и последующего свечения светодиодов.

Ключевые слова: волан, снаряд, бадминтон, пьезоэлектрический элемент, светодиод.

Для фиксирования силы удара в бадминтоне и других схожих играх существует большое количество различных снарядов [1]. Рассмотрим некоторые известные технические решения, встречающиеся в бадминтоне.

Известен волан для игры в бадминтон, состоящий из пластмассового оперения и съемной головки. Пластмассовое оперение содержит соединительную шейку с наружной кольцевой канавкой, на которую надета колпачкообразная внутренняя оболочка. Съемная головка, состоящая из эластичной светопроницаемой оболочки, присоединена к пластмассовому оперению и формирует водонепроницаемое пространство, которое заполнено щелочью и в котором размещен люминоловый шарик. При ударе шарик разбивается о выступы колпачкообразной оболочки, в результате чего щелочной раствор смешивается с люминолом, образуется блестящая голубоватая люминесценция. После исчезновения люминесценции пластмассовое оперение может быть использована повторно с новым люминоловым шариком [2]. Недостатками данного волана является однократность использования, из-за расходования химического элемента.

Известен волан с подсветкой для игры в бадминтон, содержащий электрическую цепь, состоящую из источника питания, светодиода, датчика удара и таймера [3]. Недостатками волана являются относительно невысокая надежность и необходимость в обслуживании элементов цепи.

Известен волан с подсветкой, который содержит электрическую цепь, состоящую из микробатареи, интегральной схемы, 2 -10 светодиодов, токоограничивающего резистора и керамического пьезоэлектрического элемента [4]. Недостатками волана являются относительно невысокая надежность и сложность конструкции, содержащей микробатарею, которая имеет ограниченный срок службы и требует периодической замены. В таких случаях, часто можно использовать кинетическую энергию движения или удара [5].

Рассмотрим предложенное нами техническое решение - волан для игры в бадминтон с пьезоэлектрическим элементом, показанный на рисунке 1. Волан для игры в бадминтон состоит из пластмассового хвоста 1 и головки 2. Головка волана 2 содержит в себе пьезоэлектрический элемент 3, первый светодиод 4 и второй светодиод 5.

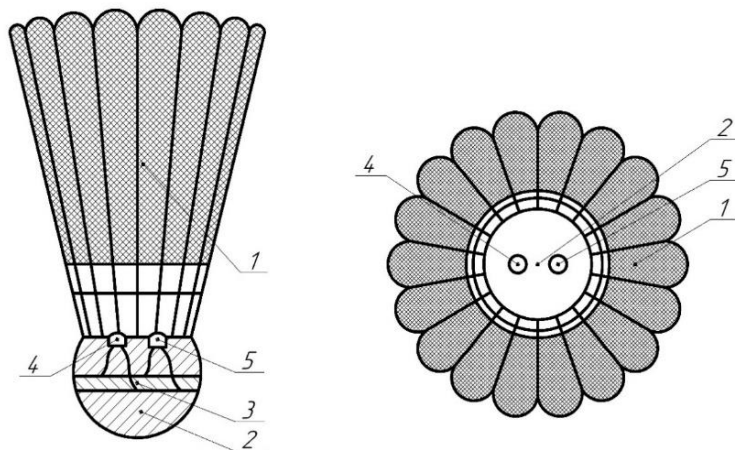


Рис. 1. Волан для игры в бадминтон с пьезоэлектрическим элементом:
1 – пластмассовый хвост, 2 – головка волана, 3 – пьезоэлектрический элемент,
4 – первый светодиод, 5 – второй светодиод

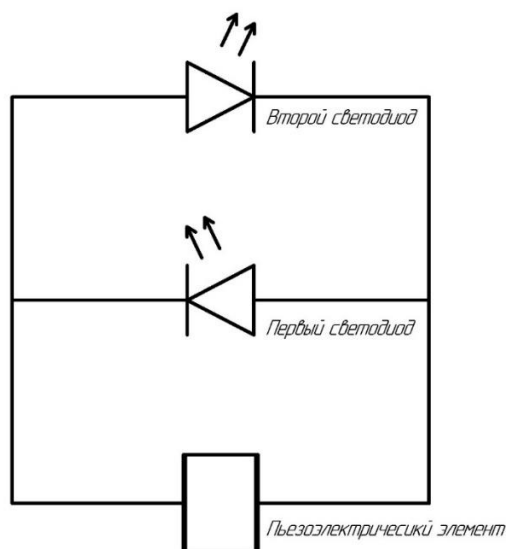


Рис. 2. Схема электрической цепи волана с пьезоэлектрическим элементом

На рисунке 2 представлена схема электрической цепи волана для игры в бадминтон с пьезоэлектрическим элементом. Волан для игры в бадминтон работает следующим образом. При ударе головки волана 2 о сетку ракетки происходит сжатие пьезоэлектрического элемента 3, в котором

начинает протекать электрический ток прямого направления, из-за чего первый светодиод 4 начинает источать свет. После того как энергия удара преобразуется в сжатие пьезоэлектрического элемента 3, пьезоэлектрический элемент 3 начинает восстанавливать свою первоначальную форму и далее за счёт инерции разжиматься. В цепи начинает протекать ток обратного направления, первый светодиод 4 закрывается и гаснет, открывается второй светодиод 5, тем самым источая свет.

Таким образом, заявляемый волан обеспечивает увеличение надежности, за счет уменьшения количества элементов устройства, а также отсутствие необходимости обслуживания элементов цепи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Master Your Skills With The Best Badminton Shuttlecocks / A. Harris – URL : <https://www.si.com/review/badminton-birdie/> (date of the application 29.09.2012). - Text : electronic.

2. Pat. 5562290 United States, IPC A63B67/18. Shuttlecock with luminescent means : № 578979 : filed 27.12.1995 : pub. 08.10.1996 / Tsung-Lu Wei – 7 p.

3. Pat. 6780130 United States, IPC A63B67/18. Lighted shuttlecock : № 388993/10 : filed 14.03.2003 : pub. 24.08.2004 / Michael Monochello – 7 p.

4. Pat. 201044866 China, IPC A63B67/18. Automatically flashing shuttlecock : № 200720022489.8 : filed 05.06.2007 : pub. 09.04.2008 / Liu Lei – 4 p.

5. Sattarov R. R. Electromechanical vibration generators for autonomous low energy electronic systems / R. R. Sattarov, N. L. Babikova. – Direct text // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Omsk, 2015. – P. 7147213.

УДК 621.313.322

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР С ЭКРАНИРОВАННЫМ СТАТОРОМ

Махиянов А. В., аспирант, artur.makhiyanov.sems510@mail.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. Проблема повышения надежности электрических машин на современном этапе развития нефтяной промышленности приобрела огромное значение. Чтобы защитить статор электрической машины от агрессивных сред - нефти или паров газов, конструкторами и инженерами разрабатываются новые технические решения. В данной статье рассматриваются известные технические решения экранов электрических машин для защиты от агрессивных сред, и представлено новое техническое решение - магнитоэлектрический генератор с экранированным статором. Задачей, на решение которой направ-

лен магнитоэлектрический генератор с экранированным статором, является повышение надежности работы магнитоэлектрического генератора путем защиты статора от отрицательных воздействий агрессивных сред, а потери в виде тепла от экрана могут быть использованы для обогрева электрической машины в условиях зимних температур.

Ключевые слова: электрическая машина, магнитоэлектрический генератор, постоянные магниты, экран, статор, агрессивная среда.

Защита статора от агрессивных внешних жидкостей и их паров, в основном преобладает в морских поплавковых электростанциях [1]. Так и в нефтяной промышленности, конструкторами и инженерами создается множество высоконадёжных герметичных установок [2]. Рассмотрим некоторые известные технические решения, встречающиеся для защиты статора электрических машин.

Известен экранированный статор электрической машины в расточку шихтованного магнитопровода которого, имеющего обмотку и соответственно лобовые части, установлена металлическая гильза, соединенная сваркой с кожухами, связанными с арматурой. Гильза соединена с кожухами через вкладыши. Кольцевые вкладыши приваривают с кожухом к гильзе лазерной сваркой, после чего производят термовакуумную обработку пакета с арматурой и обмоткой, гильзы, кожухов с вкладышами [3]. Недостатком данного изобретения является сложность изготовления конструкции из-за применения нетиповой конструкции статора.

Известно устройство, которое содержит ярмо и зубцовую зону, предназначенную для размещения обмотки. Наружная поверхность зубцовой зоны охвачена тонкостенным цилиндром, выполненным из магнитного материала. Цилиндр может быть изготовлен из листовой заготовки или из выполненной из магнитного материала проволоки, намотанной в один или нескольких рядов. Для уменьшения электрических потерь листовую заготовку выполняют с перфорацией в виде сквозных продольных прорезей - в местах расположения открытых пазов и поперечных прорезей - в местах расположения зубцов. [4]. Недостатком устройства является использование экрана в виде цилиндра с прорезями, что недостаточно защищает статор электрической машины от внешней среды.

Рассмотрим предложенное нами техническое решение - магнитоэлектрический генератор с экранированным статором, показанный на рисунке 1 и 2.

Магнитоэлектрический генератор содержит ротор 1 с постоянными магнитами, который имеет возможность вращения в воздушном зазоре 2 статора 3. В свою очередь к статору 3 магнитоэлектрического генератора прикреплен сборный немагнитный цилиндр 4, состоящий из двух равных частей. В зубцово - пазовой зоне статора 3 расположена статорная (якорная) распределенная обмотка 5.

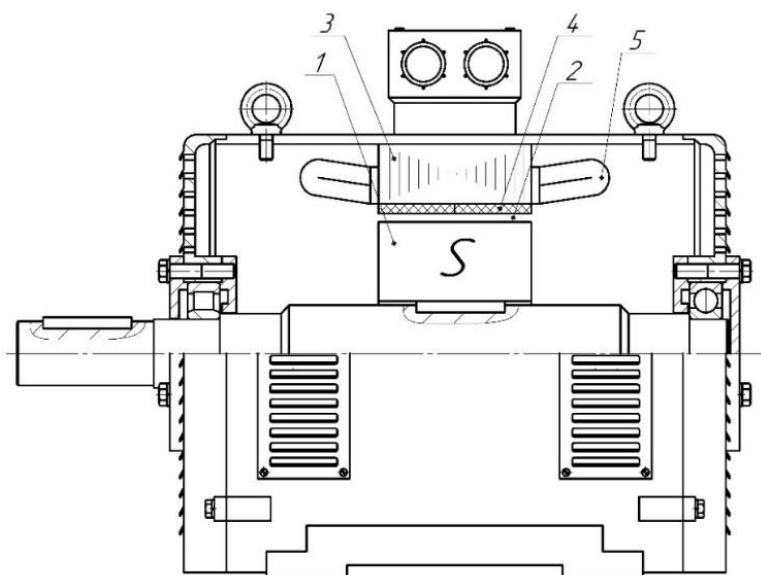


Рис. 1. Поперечное сечение магнитоэлектрического генератора с экранированным статором:
 1 – ротор с постоянными магнитами, 2 – воздушный зазор, 3 – статор,
 4 – сборный немагнитный цилиндр или немагнитный экран,
 5 – статорная (якорная) распределенная обмотка

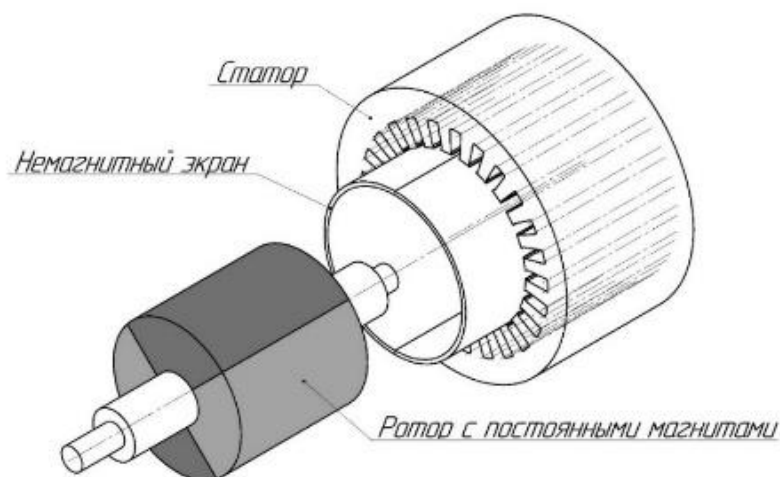


Рис. 2. Пространственная 3D модель магнитоэлектрического генератора с экранированным статором

Магнитоэлектрический генератор работает следующим образом. При вращении ротора 1 генератора, постоянные магниты образуют вращающееся магнитное поле в воздушном зазоре 2. Это поле пересекает проводники статорной (якорной) распределенной обмотки 5 и наводит в них ЭДС.

Сборный немагнитный цилиндр 4, состоящий из двух равных частей, защищает статор 3 от отрицательных воздействий агрессивных сред, а по-

тери в виде тепла от экрана 4 могут быть использованы для обогрева электрической машины в условиях зимних температур.

Теория и расчет потерь в проводящем экране может быть построена на модели проводящих оболочек при воздействии бегущего магнитного поля [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sattarov R. R. Axial-Flux Permanent Magnet Synchronous Generator for Float Buoy Type Wave Energy Converters // 13th International IEEE Scientific and Technical Conference Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines, Dynamics 2019 - Omsk, 2019. – P. 8944704.

2. Кранчевич А. Г. Герметичный источник питания для геофизической скважинной аппаратуры : 25.00.17 : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Г. Кранчевич ; ГНУ НИИ АЭМ при ТУСУР. – Томск, 2004. – 20 с. – Текст : непосредственный

3. Пат. 1721713 СССР, МПК H02K 1/16, H02K 15/02. Экранированный статор электрической машины и способ его изготовления: № 4765170/07 : заявл. 01.12.1989 : опубл. 23.03.1992, Бюл. № 11 / Гуков В. И., Васильева А. М., Рудановский Н. Н., Левин Б. М., Любавин А. М. ; патентообладатель научно – производственное объединение «Ротор». - Текст : непосредственный.

4. Пат. 75799 Российская Федерация, МПК H02K 1/16 H02K 27/14. Статор электрической машины : № 2008115380/22 : заявл. 23.04.2008: опубл. 20.08.2008, Бюл. № 23 / Левин А. В., Левин Д. В., Лифшиц Э. Я., Хабаров В. А., Юхин М. М.; патентообладатель открытое акционерное общество «Акционерное конструкторское бюро «Якорь-2» ». – Текст: непосредственный.

5. Саттаров Р. Р. Метод расчета электромагнитных демпферов с распределенной вторичной системой сложной геометрии / Р. Р. Саттаров, Ф. Р. Исмагилов. – Текст : непосредственный // Электричество. – 2010. – № 5. – С. 37-43.

УДК 621.3.077.2

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА

Мизин К. А., бакалавр, e-eltech@nvsu.ru

г. Нижневартовск, Нижневартовский государственный университет

Аннотация. Рассмотрены вопросы оптимального управления электрическим приводом переменного тока для тех случаев, когда определяющими являются ограничения

по нагрузке. Излагаются способы определения регулирования, оптимальных для различных режимов работы электроприводов, оценка которых должна производиться на основе сопоставления различных систем электрического привода по основным показателям как в установившемся, так и в динамическом режимах его работы.

Ключевые слова: двигатель, механическая характеристика, момент, мощность, нагрузка, регулирование, режим работы, скорость вращения, электрический привод.

Управление электродвигателями в системах электрического привода, в частности переменного тока, связано с протеканием переходных процессов в соответствии с заданным режимом работы: пуск, торможение, останов, реверс, регулирование скорости по определенному закону в установившемся режиме работы. Технологические процессы накладывают ряд требований на работу производственных механизмов, из которых вытекают соответствующие законы управления электрическими двигателями. Например, для механизмов, работающих в условиях частых пусков в повторно-кратковременном режиме необходимо устранять интенсивные ускорения и торможения, так как это приводит к поломкам механизмов из-за значительных динамических усилий в передаточных устройствах и вызывает нежелательные электрические нагрузки на сеть при питании от нее электроприводов большой мощности. У высокоточных механизмов основным требованием является точная остановка определенных рабочих органов, поэтому перед окончательной остановкой нужно предварительно снижать скорость. Эти и другие условия работы необходимо учитывать еще на стадии проектирования систем электрических приводов производственных механизмов [1].

Многие производственные механизмы в основном имеют плавное регулирование скорости вращения электрических приводов благодаря применению автоматизированных средств управления; в этом случае обеспечивается необходимый режим работы, высокая производительность и качество технологических процессов. Плавное и непрерывное регулирование скорости дает широкую возможность оптимизации режимов работы и решает одну из основных задач автоматического управления – обеспечение условий эффективной работы электропривода при наименьших энергетических затратах [2].

В основу анализа и сопоставления различных режимов работы следует отнести следующие основные показатели способов регулирования скорости вращения, такие как: диапазон, т.е. заданный предел регулирования скорости; плавность (количество возможных скоростей в заданном диапазоне регулирования); экономичность – затраты на реализацию того или иного способа регулирования; направление регулирования (снижение или повышение скорости относительно номинальной); допустимая нагрузка в процессе регулирования, определяемая условиями нагрева электродвигателя.

При выборе того или иного способа регулирования, помимо этого, необходимо учитывать его надежность, удобство и легкость обслуживания, а также принимать во внимание затраты, необходимые на создание электропривода. Существенное значение при оценке эффективности системы регулирования имеют энергетические показатели, т.е. величина потерь энергии при регулировании, коэффициент мощности за цикл работы электропривода и его нагрузка.

Нагрузка двигателя, в свою очередь, может быть охарактеризована зависимостью момента сопротивления механизма от текущей скорости. Эта зависимость является механической характеристикой производственного механизма и может быть описана известной эмпирической зависимостью, связывающей между собой скорость и момент [3]:

$$M = M_0 + (M_{ном} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_{ном}} \right)^k, \quad (1)$$

где M_0 – момент потерь механизма; $M_{ном}$ – момент механизма при номинальной скорости; k – коэффициент, определяющий изменение момента с изменением скорости; $\omega_{ном}$, ω – номинальная и текущая скорости.

В соответствии с (1) определяют три основных типа характеристик: при $k=0$ момент не изменяется и остается постоянным; при $k=2$ момент изменяется в зависимости от квадрата скорости и резко снижается по мере ее уменьшения; при $k=-1$ – характеристика соответствует постоянству мощности.

В процессе работы момент нагрузки может изменяться, в результате чего возникает так называемое «поле нагрузок», ограниченное слева моментом потерь (моментом холостого хода), а справа расчетным моментом нагрузки, соответствующим номинальному режиму. Поле нагрузок для рассматриваемых случаев показано на рисунке 1.

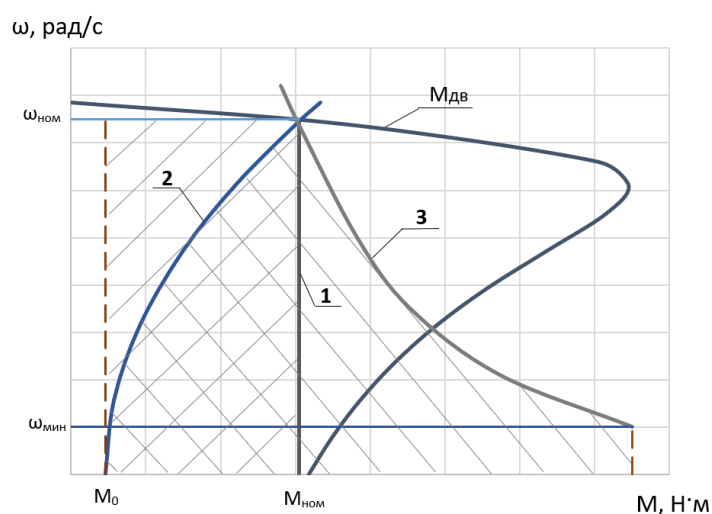


Рис. 1. Поле нагрузок для производственных механизмов с типом характеристик:
1 – $k=0$, 2 – $k=2$, 3 – $k=-1$

Если двигатель работает в длительном режиме при любой скорости в заданном поле нагрузок, то о его наибольшей загрузке следует судить по предельным расчетным механическим характеристикам механизма. В тяжелых переходных режимах с большим числом пусков или в само-вентилируемых двигателях необходимо учитывать ухудшение условий охлаждения при снижении скорости вращения, соответственно допустимые потери должны быть снижены в сравнении с номинальными.

С целью обеспечения необходимого быстродействия привода, соответствующей плавности или необходимой стабильности работы, управление процессами пуска и торможения, сброс и наброс нагрузки должно производиться автоматически с наперед заданным законом динамического момента во времени. В задачи управления входит также необходимость в использовании различных автоматических устройств, обеспечивающих в процессе регулирования постоянство величины тока и мощности, потребляемых из сети, поддержание скорости электропривода или какой-либо другой величины (мощность, линейная скорость рабочего органа механизма, его позиционирование и т.п.) на заданном уровне при возмущающих или управляющих воздействиях.

Таким образом, для обеспечения оптимального регулирования оценка того или иного способа должна производиться на основе сопоставления различных систем электрического привода по основным показателям как установившегося, так и динамического режимов его работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Г. В. Проектирование системы электропривода производственного механизма / Г. В. Иванов, А. В. Мезенцева. – Нижневартовск, 2019. – 64 с. – Текст: непосредственный.
2. Мезенцева А. В. Анализ условий эффективной работы электропривода в системе управления асинхронным двигателем / А. В. Мезенцева, М. С. Шалимов. – Текст: непосредственный // Энерго- и ресурсосбережение - XXI век : материалы XV междунар. науч.-практ. интернет-конференции. – Орел, 2018. – С. 49-52.
3. Ключев В. И. Теория электропривода / В. И. Ключев. – Москва : Энергоатомиздат, 2001. – 704 с. – Текст : непосредственный.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Музафаров М. Э., бакалавр, mfhhd@bk.ru

Исаев Е. А., бакалавр, el.3v3n@yandex.ru

г. Салават, Институт нефтепереработки и нефтехимии

Аннотация. Наиболее рациональное использование бюджета на улучшение и удешевления транспорта является одной из основных задач крупного производства с большой прилегающей территорией. На сегодняшний момент, в основном, используются большие маршрутные автобусы, работающие на ДВС. Так же для вождения транспорта нужен водитель. Целью исследования статьи является поиск способа максимального удешевления содержания транспорта, его модернизация и замена человеческого труда на автопилот. В качестве метода использовался анализ рационального использования человеко-часов и актуальность вида транспорта. По результатам исследования было выявлено необходимым автоматизировать и доработать общественный транспорт для перевоза рабочего персонала.

Ключевые слова: автоматизация транспорта, «Умная дорога», «Heathrow Pods».

В век инновационных технологий, нейросетей и массовой автоматизации существует ряд проблем, таких как: человеческий фактор, загрязнение атмосферы и использование такого транспорта, который уже не проходит по экологическим нормам. Транспорт на двигателе внутреннего сгорания требует много затрат на топливо, обслуживание и содержание.

На данный момент существует система беспроводной зарядки, успешно прошедшая испытания. Она называется: «OppCharge™» и представляет собой дорожку для зарядки транспорта, которая работает через систему медных катушек, встроенных в асфальт. Энергия от этих катушек передается аккумуляторным батареям транспортного средства посредством магнитной индукции. Система зарядки требует, чтобы блок управления был расположен на обочине дороги, а приёмник был установлен в шасси каждого транспортного средства. [1]

Согласно проекту, это возможно во время стоянки авто, так и во время его движения. Поскольку зарядная инфраструктура будет, по сути, встроена в сами дороги, система также значительно сократит потребность в зарядных станциях, а также в больших батареях. Теоретически это также может позволить автономным транспортным средствам ездить круглосуточно, не останавливаясь для зарядки.

Конструкция представляет собой катушки, располагающиеся по рабочей поверхности дна транспортного средства и распределяющие заряд сразу на всю область. В конструкции предусмотрен компактный выпрямитель для преобразования передаваемой от поверхности модулей зарядки,

встроенных в дорожное полотно, в постоянный ток, который, в свою очередь, поступает в емкостной элемент (батарей). Транспорт также оборудуется экологичным электродвигателем, преобразующим заряд батареи в механическую энергию и передающим её на колёса. [2]

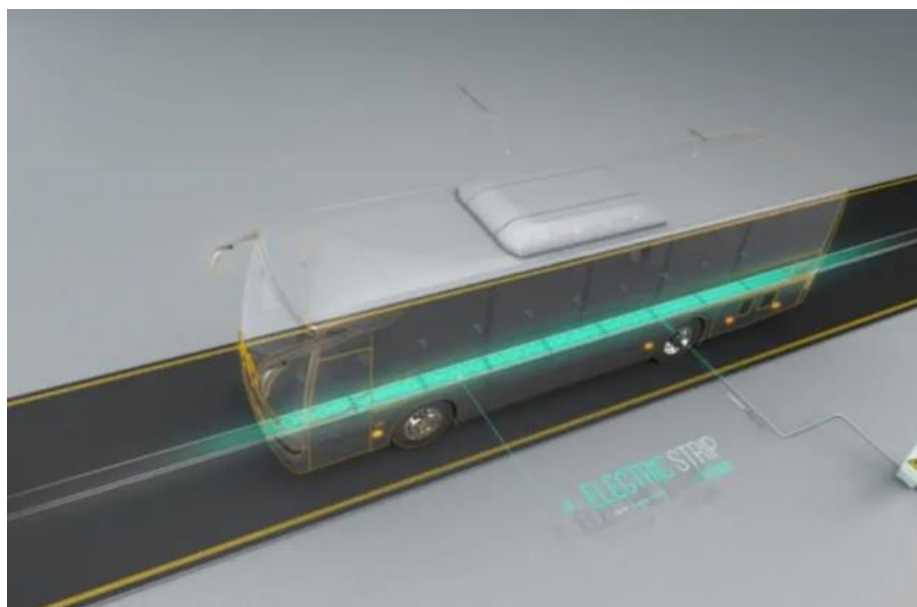


Рис. 1. Дорожное полотно с модулями беспроводной зарядки

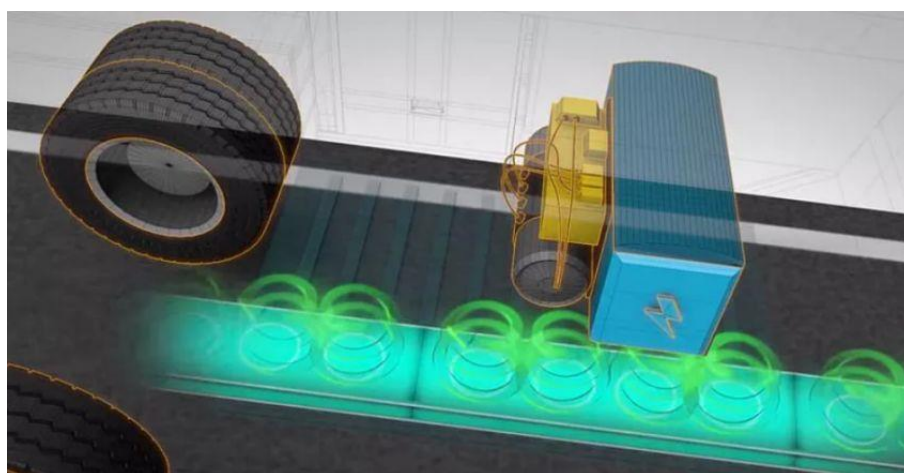


Рис. 2. Конструкция трансмиссии автобуса

Для того, чтобы исключить человеческий фактор из системы транспортировки, предложена концепция беспилотного и полностью автоматического управления транспортом. Автобус в этом случае необходимо оборудовать всевозможной электроникой и системами безопасности, такими как: Lidar, радары, камеры, система глобального позиционирования (GPS), датчики одометрии и гиростабилизатор. Кроме того, необходимо специ-

альное программное обеспечение (ПО) для управления и обработки информации, поступающей с датчиков. ПО управляет работой всех систем автомобиля: поворачиванием руля, сменой передач, газом и тормозом. Датчики (сенсоры) собирают информацию об окружающей обстановке, которая ложится в основу действий автомобиля.

Для данного типа транспорта подойдут алгоритмы на основе Байесовского метода одновременной локализации и построения карт SLAM (simultaneous localization and mapping). Суть работы алгоритмов состоит в комбинировании данных с датчиков автомобиля (real-time) и данных карт (offline). SLAM и метод обнаружения и отслеживания движущихся объектов (DATMO, detection and tracking of moving objects) разработаны и применяются в автомобилях дочерней компании Google Waymo. [3]

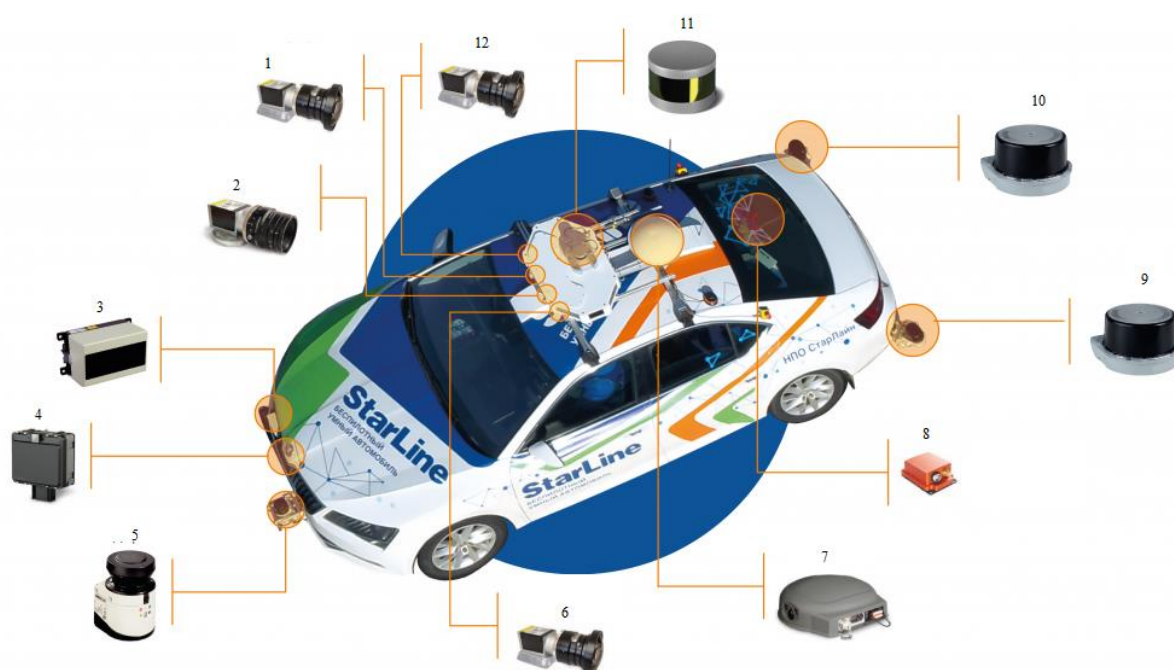


Рис. 3. Расположение элементов системы автопилотирования: 1,6,12 – видеокамера с объективом 6 мм, 2 – видеокамера с объективом 25 мм, 3,9,10 – Lidar 2D+, 4 – радар, 5 – Lidar 2D, 7 – RTK GNSS, 8 – инерциальный датчик, 11 – инерциальный датчик

В заключении хочется отметить важность существующей проблемы и необходимость поиска подобных решений, позволяющих повсеместно внедрять данные системы, которые в перспективе способны значительно упростить жизнь человека и будут более экологичны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шатманов О. Т. К вопросу о беспроводной системе передачи энергии для электромобилей / О. Т. Шатманов, Ю. Х. Исманов, Ж. К. Айдар-

лиев, Б. Б. Барпиев. – Текст: непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – №. 12-2. – С. 229-233.

2. Гергель Е. О. Беспроводная передача электричества / Е. О. Гергель, В. В. Колесник. – Текст: непосредственный // Будущее науки. – 2018. - № 1. – С. 336-339.

3. Костиков О. М. Применение автоматизированных систем управления в современном автомобильном транспорте / О. М. Костиков, А. В. Сатышев, Д. Н. Посохов. – Текст: непосредственный // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. – 2021. - № 3. – С. 353-357.

УДК 621.32

СВЕТОДИОДЫ

Ослин И. О., магистрант, oslin.io@edu.gausz.ru

Кизуров А. С., канд. техн. наук, доцент, kizurovas@gausz.ru

г. Тюмень, Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Аннотация. В мире уже есть множество разных источников света, а также их спектр свечения, которые помогают людям в разных сферах деятельности. На пример, дома человек использует свет для освещения темных помещений или для освещения комнаты во время наступления сумерек. Для того чтобы получить определённый спектр свечения были изобретены искусственные источники света, лампы накаливания, люминесцентные, галогенные и светодиодные. Все они помогают не только человеку, но и всем биологическим формам жизни. Однако не все они одинаково хороши и полезны, так как все они электрические потребители, то в них присутствует коэффициент пульсации, который также влияет на живой организм по-разному, и все сконструированные из разных материалов, что в свою очередь влияет на индекс цветопередачи, у каждой лампы свои характерные особенности. Из всех вышеперечисленных искусственных источников света светодиоды более предпочтительны по сравнению с другими. Однако их особенности и цена отодвигают их на второй план отдавая предпочтения либо люминесцентным лампам или лампам накаливания. Далее рассмотрим особенности светодиода и попытаемся выяснить почему из-за всех его достоинств и преимуществ выбирают другие источники света.

Ключевые слова: светодиоды, искусственные источники света, электротехнологии.

Светодиод – это прибор с полупроводниковыми элементами с электронно-дырочным переносом заряда, формирующий излучение, видимое человеческому глазу, при протекании сквозь него электрического тока. [1]

Рассмотрим из чего состоит простой 5 мм светодиод. Его упрощенное устройство изображено на рисунке 1. Данный светодиод состоит из следующих составных компонентов [5]:

- Катод, проводниковый компонент диода по которому подают отрицательную полуволну на его кристалл.
- Анод, очередной проводниковый компонент только с положительной полуволной.
- Рефлектор, часть корпуса светодиода которое выполняет функцию отражателя светового излучения светодиода.
- Кристалл, основной рабочий орган светодиода, именно он определяет какого цвета будет излучать свет. Например, InGaN – синий, зеленый и ультрафиолетовый, AlGaInP – желтый, оранжевый и красный, GaP – желтый и зеленый
- Пластиковая линза, служит как рассеиватель излучаемого света светодиодом.

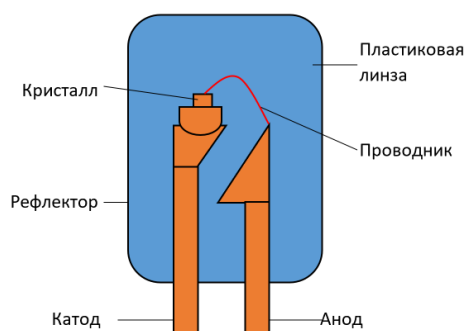


Рис. 1. Устройство светодиода

Также отметим, что рефлектор и линзу в светодиоде можно менять для того, чтобы получить необходимую направленность излучения.

Далее разберемся с принципом действия светодиодов. Всякий диод обладает р-п-переходом, так как его кристалл складывается из полупроводниковых материалов. Излучение появляется после того, как в р-п-переходе, то есть между слоями полупроводников, включают электрический ток. Слои р-п-перехода различаются, в слое проводника «n» это отрицательно заряженные частицы (электроны), а в проводнике «р» - положительно заряженные частицы (ионы или «дырки»). [5]

При включении напряжения заряды n-слоя и p-слоя приходят в движения, тем самым происходит перераспределение дырок и электронов. Носители заряда n-слоя приближаясь к электронно-дырочному переходу занимают свободные дырки p-слоя. В процессе данного перехода образуются новые заряды, которые именуются как фотоны. [9]

При изготовлении светодиодов существует разные методы и технологии по изготовлению светодиодов, но как изготавливаются его кристаллы? На это вопрос попытаемся ответить далее. По части образования кристаллов для светодиодов применяют метод – металлоорганическая эпитаксия. Чтобы достичь желаемого результата в образовании кристалла нужно

специально очищенный газ. В нынешних конструкциях для очистки и состава газа предусмотрено автоматическое управление и контроль, отделение потоков, аккуратная корректировка температуры, а также подложек. Толщины вращиваемых слоев кристалла могут достигать от десятков ангстрем до нескольких микрон. Различные слои должны легировать примесями, донорами либо акцепторами, с целью образовать р-п-переход вместе с огромной концентрацией электронов в п-слое, а также дырок в р-слое. После одной такой процедуры, которая может продолжаться по несколько часов, можно вырастить структуру на 6 – 12 подложек с диаметром от 50 до 75 миллиметров. [4]

После формирования кристалла для светодиода, идет создание платы, на которую в последствии устанавливают сам кристалл. Платы делятся в основном на 3 типа. Далее рассмотрим эти типы.

Светодиоды DIP-типа. DIP (Direct In-line Package) данный тип светодиодов довольно известен даже в XX веке. Их конструкция – это колба, которая может быть изготовлена из таких материалов как стекло или же пластик (прозрачный или бесцветный/цветной) обычно они служат как линзы для фокусировки излучаемого света в определенном направлении. Внутри колбы находится полупроводниковый кристалл с разными цветами. [2]

Следующий рассматриваемый тип изготовления светодиодов — это SMD-тип. Базовой конструкцией данного типа представляет собой тот же самый полупроводниковый кристалл и ещё микрочип, что находится на специальной платформе, также закрыт в пластмассовом блок-корпусе. В нижней части размещаются контакты, позволяющие зафиксировать диод на любой поверхности. Также, как и в первом конструктивном типе диода рассеивание освещения происходит за счёт линзы. [2]

COB-тип. Модуль, изготовленный по этой технологии, включает в себя матрицу из светодиодов без корпуса, расположенных почти по всей площади платы. Благодаря тому, что у данных диодов отсутствует оболочка получилось улучшить их плотность установок и яркость, снимаемую с единицы поверхности. В особых случаях светодиоды покрывают прозрачным материалом для надежности. Верхняя часть оболочки покрыта люминофором.

Рассматривая как изготавливают светодиоды, были упомянуты такие материалы как люминофоры и линзы, но не раскрыты должным образом.

Люминофоры изготавливаются способом, наиболее подходящим для производства стабильных, высокоэффективных светодиодов. Большая часть люминофоров упаковывается в виде порошков с хорошо преобразованными частицами микрометрового размера. Они интегрируются в материалы-носители, покрываются и формируются в светодиодные компоненты. Также они разделяются, по своей химической структуре, на органические и неорганические (органолуминофоры и фосфоры соответственно) и ещё на внутреннее расположение: ближнее и удаленное. [8]

Или, другими словами, люминофор – это компонент светодиода, который делает его пригодным для использования.

Ещё одним важным компонентом в светодиоде является линза. Светодиоды сильно отличаются от обычных источников света, к которым мы давно привыкли, в том числе и использованием оптических элементов [7]. Так, если источники света наружного типа излучают свет во всех направлениях и требуют отражателя для формирования светового потока, то светодиодные точечные источники света излучают световой поток только в одну полусферу. Поэтому для направления светового потока им часто требуется коллиматор в виде линзы полного внутреннего отражения, называемой TIR (Total Internal Reflection Optics). Однако окончательный оптимальный дизайн твердотельного излучателя требует особого понимания комбинированных эффектов таких гибридных систем отражатель-линза.

Генерируемый диодом цвет излучения зависит от длины волны излучаемого им света. Единицей измерения является нанометр (нм). Монохроматическое (одночастотное) излучение связано с длиной волны, проходящей через него. Граница длины волны в некотором смысле связана с определенным цветом. [3]

Цвет излучения светодиода изменяется путем введения активного вещества в полупроводниковый материал.

Например, чтобы получить в светодиоде длину волны инфракрасного цвета ($\lambda > 760$ нм) нужно чтобы вольтаж (В) был $\Delta U < 1,9$ и использовался материал полупроводника GaAs (Gallium arsenide) или AlGaAs (Aluminium gallium arsenide). Либо длину волны синего цвета – $2,48 < \Delta U < 3,7$ и ZnSe (Zinc selenide), InGaN (Indium gallium nitride), SiC (Silicon carbide as substrate) и просто Si (Silicon), который находится в разработке.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что за светодиодными лампами и светодиодным освещением будущее. За счёт того, что светодиоды показывают высокую эффективность в тех областях, в которых их используют. Можно сказать, использование определено их доступностью на рынке и ещё параметрами работ самих светодиодов. Светодиоды, которые излучают белый цвет, должны иметь более высокие световые потоки и не менее важные стабильные характеристики светового потока при горении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугров В. Е. Оптоэлектроника светодиодов : учебное пособие // В. Е. Бугров, К. А. Виноградова. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2013. – 174 с. – Текст : непосредственный
2. В чем разница между светодиодами DIP и SMD? – Текст : электронный // Производство светодиодных конструкций, современное освещение : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://svetodiodnyiekran.ru> (дата обращения : 14.09.2022).

3. От чего зависит цвет тока. – Текст : электронный // Блог электрика : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://lemzspb.ru> (дата обращения : 16.09.2022).

4. Светодиодная технология : сайт. – URL : <http://reclama.arax.md/led/> (дата обращения : 14.09.2022) - Текст: электронный.

5. Светодиоды – как работает, полярность, расчет резистора. – Текст : электронный // Arduino сайт на русском для начинающих мастеров ардуино : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://arduino-master.ru> (дата обращения : 12.09.2022).

6. Хюбнер М. Отражатели и линзы для использования в системах с твердотельными источниками света (SSL) / М. Хюбнер. – URL : <https://led-e.ru/vtorichnaya-optika/otrazhateli/> (дата обращения : 16.09.2022) – Текст : электронный

7. Что такое SMD светодиод, его разновидности и обзор 14 моделей. – Текст : электронный // Светодиодное освещение : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://ledno.ru/svetodiody/vidy-smd.html> (дата обращения : 15.09.2022).

8. Что такое люминофор, виды, характеристики. – Текст : электронный // Светодиодные светильники Фокус : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://m-focus.ru> (дата обращения : 15.09.2022).

9. Что такое светодиод (устройство, параметры, маркировка). – Текст : электронный // Vamfaza.ru Мир электрики : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://vamfaza.ru> (дата обращения : 12.09.2022).

УДК 621.3.011.71

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Пермяков М. О., бакалавр, perm03.03@mail.ru

Чамин Д. Е., бакалавр, chamin_dima5@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Целью статьи является анализ известных методов расчета электрических цепей. В работе использованы методы теоретических основ электротехники, положения линейной алгебры. Произведено расчет классической задачи по нахождению токов в ветвях электрической цепи с помощью метода узловых потенциалов, контурных токов, эквивалентного генератора и с использованием законов Кирхгофа. Также приведено решение с использованием матрично-топологического подхода для решения систем линейных алгебраических уравнений, составленных по методу контурных токов.

Ключевые слова: сложные электрические цепи, законы Кирхгофа, контурные токи, узловые потенциалы, эквивалентный генератор.

В настоящее время существуют несколько основных способов расчета сложных электрических цепей. К ним относятся методы расчета, основанные на законах Кирхгофа, метод контурных токов, метод узловых потенциалов, а также метод эквивалентного генератора. Данные методы используются для нахождения токов в электрических цепях, а также для определения мощности источников и потребителей электрической энергии.

Рассмотрим классическую задачу расчета электрических цепей, заключающуюся в определении токов в ветвях схемы [1]. Согласно исходным данным электрическая схема (рис. 1.а) содержит три независимых контура, 4 узла и 6 ветвей. Сопротивления резисторов $R_1=5\text{ Ом}$, $R_2=9\text{ Ом}$, $R_3=2,5\text{ Ом}$, $R_4=5\text{ Ом}$, $R_5=4\text{ Ом}$, $R_6=180\text{ Ом}$, электродвижущая сила (ЭДС) источников ЭДС $E_2=25,5\text{ В}$, $E_3=22,5\text{ В}$, ток источника $J_{к2}=0,1\text{ А}$.

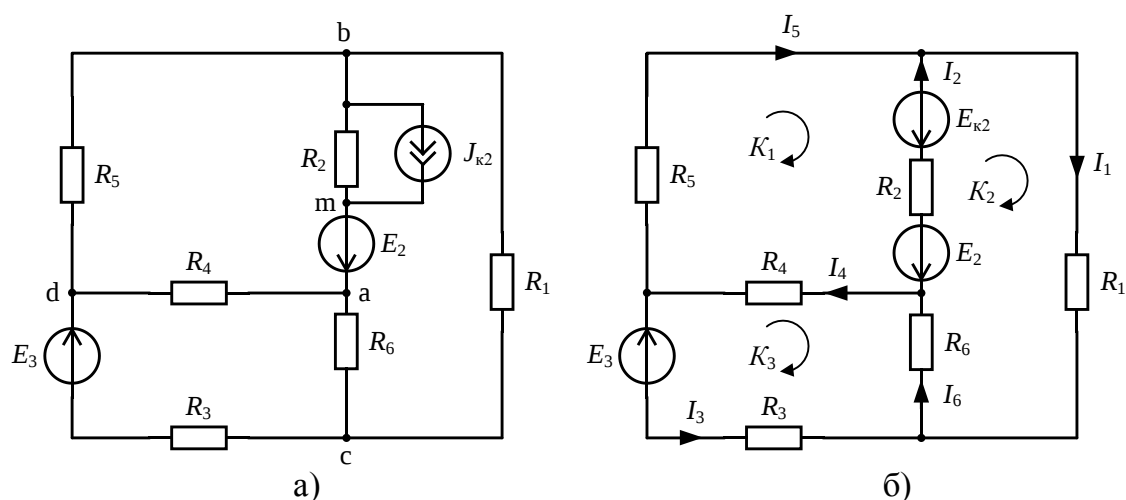


Рис. 1. Электрическая схема: а) исходная, б) после преобразования

Сначала упростим цепь, заменив источника тока на эквивалентный источник ЭДС, и обозначим произвольно токи ветвей и направления обходов контуров. ЭДС эквивалентного источника рассчитывается по формуле: $E_{к2}=J_{к2} \cdot R_2=0,2 \cdot 9=1,8\text{ В}$.

Составим на основании схемы (рис. 1.б) систему уравнений по I и II законам Кирхгофа [2, 3]. Схема имеет 4 узла и 3 независимых контура, следовательно, необходимо составить 6 уравнений, три по I закону (1) и три по II закону (2):

$$\left. \begin{array}{l} \text{узел (a)} \\ \text{узел (b)} \\ \text{узел (c)} \end{array} \right\} \begin{cases} I_6 - I_4 - I_2 = 0 \\ I_5 + I_2 - I_1 = 0 \\ I_1 - I_6 + I_3 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \text{кон. I} & I_5 \cdot R_5 - I_2 \cdot R_2 + I_4 \cdot R_4 = E_{k2} + E_2 \\ \text{кон. II} & I_2 \cdot R_2 + I_1 \cdot R_1 + I_6 \cdot R_6 = -E_{k2} - E_2, \\ \text{кон. III} & -I_4 \cdot R_4 - I_6 \cdot R_6 - I_3 \cdot R_3 = E_3 \end{cases} \quad (2)$$

где I – ток соответствующих ветвей, А.

Перепишем систему (1) и (2) в матричном виде, предварительно правильно сгруппировав коэффициенты перед неизвестными:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & -R_2 & 0 & R_4 & R_5 & 0 \\ R_1 & R_2 & 0 & 0 & 0 & R_6 \\ 0 & 0 & -R_3 & -R_4 & 0 & -R_6 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ E_{k2} + E_2 \\ -E_{k2} - E_2 \\ -E_3 \end{pmatrix}.$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,789 \\ -0,912 \\ -2,702 \\ -1,001 \\ 1,7 \\ -1,913 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

В результате вычисления по выражению (3) получим матрицу с искомыми токами по законам Кирхгофа.

Произведем расчет токов в ветвях схемы по методу контурных токов (рис. 2.а) и методу узловых потенциалов (рис. 2.б).

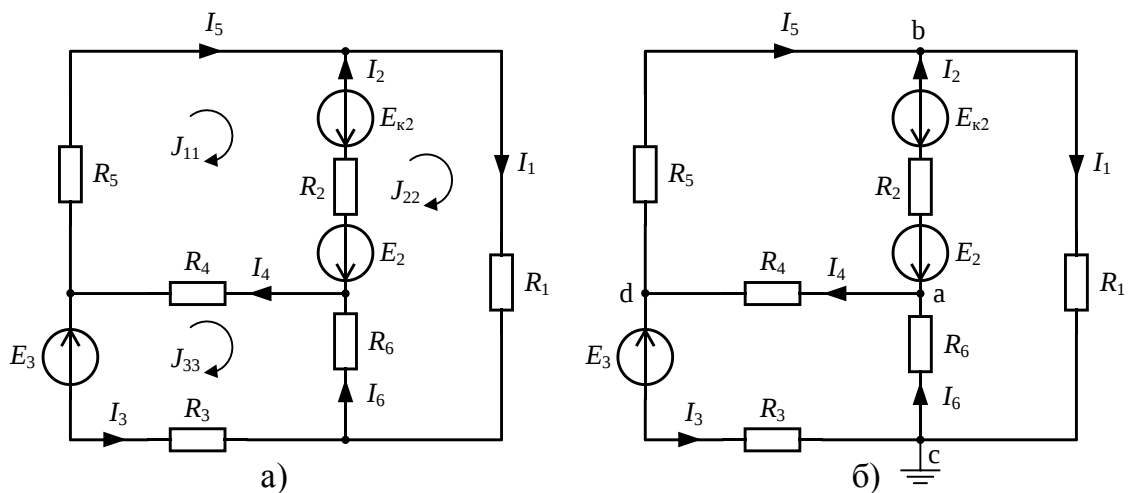


Рис. 2. Электрическая схема: а) для метода контурных токов, б) для метода узловых потенциалов

Составим на основании схемы (рис. 2.а) систему уравнений для контурных токов по II закону Кирхгофа.

$$\begin{cases} \text{контур I} & J_{11} \cdot (R_5 + R_2 + R_4) - J_{22} \cdot R_2 - J_{33} \cdot R_4 = E_{\kappa 2} + E_2 \\ \text{контур II} & J_{22} \cdot (R_1 + R_6 + R_2) - J_{11} \cdot R_2 - J_{33} \cdot R_6 = -E_{\kappa 2} - E_2, \\ \text{контур III} & J_{33} \cdot (R_3 + R_4 + R_6) - J_{22} \cdot R_6 - J_{11} \cdot R_4 = E_3 \end{cases} \quad (4)$$

где J_{11} , J_{22} , J_{33} – контурные токи, А.

Перепишем систему уравнений (4) в матричном виде, предварительно правильно сгруппировав коэффициенты перед неизвестными:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} R_5 + R_2 + R_4 & -R_2 & -R_4 \\ -R_2 & R_1 + R_2 + R_6 & -R_6 \\ -R_4 & -R_6 & R_3 + R_4 + R_6 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} E_{\kappa 2} + E_2 \\ -E_{\kappa 2} - E_2 \\ E_3 \end{pmatrix}.$$

$$\mathbf{J} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} J_{11} \\ J_{22} \\ J_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,7 \\ 0,789 \\ 2,702 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$\mathbf{I} = \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} J_{22} \\ J_{22} - J_{11} \\ -J_{33} \\ J_{11} - J_{33} \\ I_{11} \\ J_{22} - J_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,789 \\ -0,912 \\ -2,702 \\ -1,001 \\ 1,7 \\ -1,913 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

В результате вычисления по выражению (5) получим матрицу с контурными токами, затем подставив их в выражение (6) получим матрицу с искомыми токами по методу контурных токов.

Составим на основании схемы (рис. 2.б) систему уравнений по методу узловых потенциалов. Для этого выберем базовый узел, потенциал которого равен нулю $\varphi_c = 0$.

$$\begin{cases} \text{узел (а)} & \varphi_a \cdot (g_6 + g_2 + g_4) - \varphi_b \cdot g_2 - \varphi_d \cdot g_4 = g_2 \cdot (E_{\kappa 2} + E_2) \\ \text{узел (б)} & \varphi_b \cdot (g_1 + g_2 + g_5) - \varphi_a \cdot g_2 - \varphi_d \cdot g_5 = g_2 \cdot (-E_{\kappa 2} - E_2), \\ \text{узел (д)} & \varphi_d \cdot (g_5 + g_4 + g_3) - \varphi_a \cdot g_4 - \varphi_b \cdot g_5 = g_3 \cdot E_3 \end{cases} \quad (7)$$

где φ_a , φ_b , φ_d – потенциалы узлов a , b , d соответственно, В; g_i – проводимости соответствующих ветвей, $g_i = 1/R_i$, См.

Перепишем систему (7) в матричном виде, предварительно правильно сгруппировав коэффициенты перед неизвестными:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} g_6 + g_2 + g_4 & -g_2 & -g_4 \\ -g_2 & g_1 + g_2 + g_5 & -g_5 \\ -g_4 & -g_5 & g_5 + g_4 + g_3 \end{pmatrix}, \mathbf{B} = \begin{pmatrix} g_2 \cdot (E_{\kappa 2} + E_2) \\ g_2 \cdot (-E_{\kappa 2} - E_2) \\ g_3 \cdot E_3 \end{pmatrix}$$

$$\varphi = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} \varphi_a \\ \varphi_b \\ \varphi_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5,739 \\ 3,944 \\ 10,746 \end{pmatrix} \quad (8)$$

В результате искомые токи по методу узловых потенциалов определяются следующим образом:

$$\mathbf{I} = \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varphi_b \cdot g_1 \\ (\varphi_a - \varphi_b - E_{\kappa 2} - E_2) \cdot g_2 \\ (\varphi_d - E_3) \cdot g_3 \\ (\varphi_a - \varphi_d) \cdot g_4 \\ (\varphi_d - \varphi_b) \cdot g_5 \\ (-\varphi_a) \cdot g_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,789 \\ -0,912 \\ -2,702 \\ -1,001 \\ 1,7 \\ -1,913 \end{pmatrix}.$$

Произведем расчет токов в ветвях схемы по методу эквивалентного генератора.

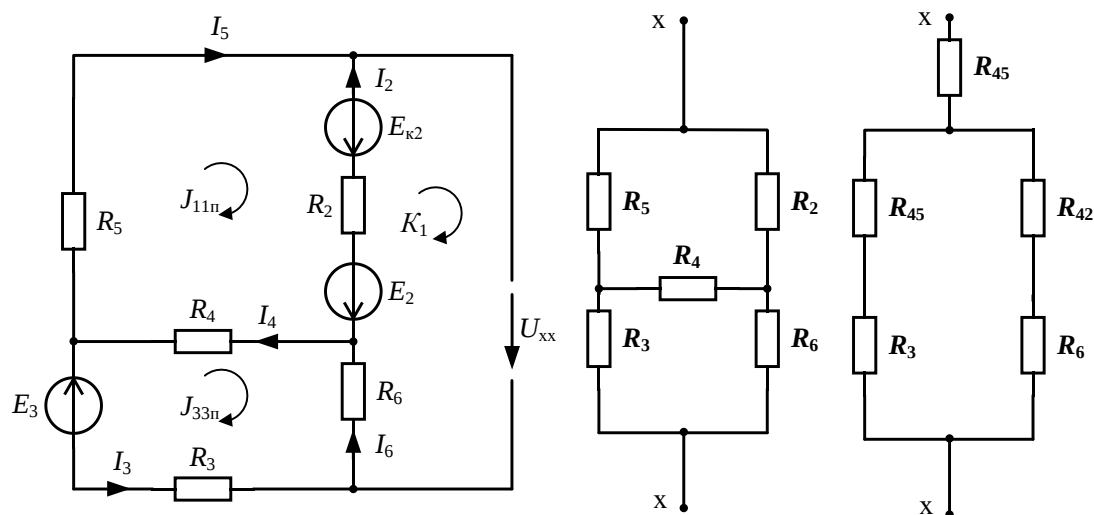


Рис. 3. Электрическая схема для метода эквивалентного генератора

Найдем ток I_1 , для этого удаляем элементы ветви с искомым током и на их месте показываем напряжение холостого хода, направление которого должно совпадать с искомым током

Составим уравнение по второму закону Кирхгофа для контура K_1 , в число элементов которого входит напряжение холостого хода:

$$\begin{aligned} U_{xx} + I_{6n} \cdot R_6 + I_{2n} \cdot R_2 &= -E_2 - E_{\kappa 2} \\ U_{xx} &= -I_{6n} \cdot R_6 - I_{2n} \cdot R_2 - E_2 - E_{\kappa 2} \\ \text{контур I } \begin{cases} J_{11n} \cdot (R_5 + R_2 + R_4) - J_{22n} \cdot R_4 &= E_{\kappa 2} + E_2 \end{cases} \\ \text{контур II } \begin{cases} J_{22n} \cdot (R_3 + R_4 + R_6) - J_{11n} \cdot R_4 &= E_3 \end{cases} \end{aligned}$$

где J_{11n}, J_{22n} – контурные токи, А.

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} R_5 + R_2 + R_4 & -R_4 \\ -R_4 & R_5 + R_2 + R_4 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} E_{\kappa 2} + E_2 \\ E_3 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} J_{11n} \\ J_{22n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,174 \\ 2,226 \end{pmatrix},$$

Найдем напряжение холостого хода:

$$U_{xx} = -I_{6n} \cdot R_6 - I_{2n} \cdot R_2 - E_2 - E_{\kappa 2} = 7,241 \text{ Вт}$$

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_2 + R_4 + R_5} = 1,111 \text{ Ом}, \quad R_{42} = \frac{R_4 \cdot R_2}{R_2 + R_4 + R_5} = 2,5 \text{ Ом},$$

$$R_{52} = \frac{R_5 \cdot R_2}{R_2 + R_4 + R_5} = 2 \text{ Ом},$$

$$R_{6x} = \frac{(R_3 + R_{45}) \cdot (R_6 + R_{42})}{(R_3 + R_{45}) + (R_6 + R_{42})} + R_{52} = 4,18 \text{ Ом}.$$

В результате искомый ток определяются следующим образом:

$$I_1 = \frac{U_{xx}}{R_{6x} + R_1} = 0,789 \text{ А}$$

Аналогично определяются токи в других ветвях схемы.

Существуют другие формы записи и решения систем уравнений для нахождения токов рассмотренными методами, например, использование матрично-топологического подхода. Матрично-топологический подход заключается в формализации всех операций.

Рассмотрим суть подхода применительно к методу контурных токов. Составим топологическую контурную матрицу, диагональную матрицу сопротивлений и матрицу источников ЭДС соответственно:

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \mathbf{R} = \begin{pmatrix} R_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & R_6 \end{pmatrix}, \mathbf{E} = \begin{pmatrix} E_{\kappa 2} + E_2 \\ -E_{\kappa 2} - E_2 \\ -E_3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{J} = (\mathbf{B}\mathbf{R}\mathbf{B}^T)^{-1} \cdot \mathbf{B}\mathbf{E} = \begin{pmatrix} J_{11} \\ J_{22} \\ J_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,7 \\ 0,789 \\ 2,702 \end{pmatrix}, \mathbf{I} = \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{J} = \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,789 \\ -0,912 \\ -2,702 \\ -1,001 \\ 1,7 \\ -1,913 \end{pmatrix}$$

Анализ способов расчета сложных электрических цепей показал, что использование законов Кирхгофа целесообразно использовать для электрических цепей с небольшим количеством ветвей и узлов. Так как с увеличением количества ветвей увеличивается количество уравнений и возникает необходимость вычисления уравнений высокого порядка. Для рассмотренного примера необходимо составить 6 уравнений с 6 неизвестными токами.

Использование метода контурных токов позволяет понизить порядок системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) в сравнении системой уравнений по законам Кирхгофа. Для рассмотренного примера необходимо составить три уравнения с тремя неизвестными контурными токами. Затем выразить токи в ветвях схемы через найденные контурные токи.

Еще один метод понижения порядка СЛАУ по сравнению с их количеством по законам Кирхгофа – это метод узловых потенциалов. Его целесообразно использовать в электрических цепях, где число узлов за вычетом из их суммы единицы меньше, чем число контуров. Для рассмотренного примера необходимо заземлить один из узлов φ_c , приняв его потенциал равным нулю, и составить систему из трех уравнений с тремя неизвестными потенциалами. Затем выразить токи в ветвях схемы через найденные потенциалы узлов.

Метод эквивалентного генератора целесообразно использовать, когда необходимо найти конкретный ток в цепи. Для рассмотренного примера необходимо вместо элементов ветви с искомым током установить напряжение холостого хода (разрыв цепи), затем выразить его с помощью законов Кирхгофа и для остальных контуров составить СЛАУ по методу контурных токов. Далее находится сопротивление цепи относительно зажимов напряжения холостого хода и выражается искомым ток по закону Ома для полной цепи.

Матрично-топологический подход позволяет формализовать процесс нахождения токов путем составления и умножения соответствующих мат-

риц, но увеличивает время их решения. В связи с этим его целесообразно использовать в компьютерных вычислениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. В 2 т. Том 1. Электрические цепи : учебник для вузов / Л. А. Бессонов. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 831 с. – Текст : непосредственный.

2. Потапов Л. А. Теоретические основы электротехники. Сборник задач : учебное пособие для вузов / Л. А. Потапов. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 245 с. – Текст : непосредственный.

3. Шлык Ю. К. Основы теории электрических цепей : учебное пособие / Ю. К. Шлык, Г. С. Кречина, С. В. Сидоров. – Тюмень : ТИУ, 2017. – 266 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Копырин В. А., канд. техн. наук, доцент

УДК 544.6.018.47-036.5

ЭЛЕКТРОЛИТ НА ОСНОВЕ ПВДФ С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ЛИТИЙ- ПОЛИМЕРНОГО АККУМУЛЯТОРА

Подлеснов Е., аспирант, epodlesnov@itmo.ru

Дорогов М. В., канд. физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник,
mvdorogov@itmo.ru

г. Санкт-Петербург, Национальный исследовательский университет ИТМО

Аннотация. Область применения литий-ионных аккумуляторов достаточно широка: от портативной электроники до электромобилей. Увеличение срока службы и повышение ёмкости аккумулятора является актуальной задачей в современном мире. В работе исследуется влияние наночастиц оксидов переходных металлов в электролите на эксплуатационные и электрические характеристики литий-полимерного аккумулятора, а также сравниваются электролиты с различным молекулярным весом полимерной основы. Была измерена ионная проводимость электролита, ёмкость и эффективность заряда аккумулятора. Аккумулятор с электролитом на основе поливинилиденфторида с бóльшим молекулярным весом и наночастицами оксида меди показал высокие значения при циклировании.

Ключевые слова: электролит, полимер, наночастицы, аккумулятор.

Из-за постоянно усугубляющегося негативного воздействия на окружающую среду сейчас активно разрабатываются не только технологии

для выработки энергии, но также для её хранения [1]. Литиевые аккумуляторы, как одно из эффективных устройств для накопления энергии, используется в множество областей, в том числе в портативной электронике и электромобилях [2]. По сравнению с динамикой исследований в области материалов электродов, улучшения в электролитах происходят более медленно, при этом основной состав сохраняется: соль лития и органические карбонатные растворители. Жидкие органические электролиты обладают высокой ионной проводимостью [3], тем не менее, безопасность жидких электролитов ограничена, и металлический литиевый катод нельзя использовать в такой системе из-за роста дендритов лития, что ограничивает плотность энергии батареи [4]. Замена жидких электролитов на полимерный повышает безопасность аккумулятора.

В нашей работе был разработан гелевый полимерный электролит (ГПЭ) на основе поливинилиденфторида (ПВДФ) с молекулярным весом 180 и 1000000 а.е.м., кроме того, в электролит были добавлены наночастицы оксидов переходных металлов (CuO , TiO_2).

ПВДФ обладает идеальными свойствами в качестве основы полимерного электролита: механической прочностью, термической и химической стабильностью, негорючестью [4]. Неорганический наполнитель, образует композитную систему с полимером, что может улучшить механические свойства аккумулятора, а также подавлять рост литиевых дендритов [5]. TiO_2 эффективно влияет на кристалличность ПВДФ за счет снижения температуры стеклофазного перехода, тем самым увеличивая смешиваемость и улучшая механическую стабильность [6]. Среди различных оксидов переходных металлов выделяется оксид меди (CuO) [7], потому что это распространённый элемент, экологически чистый, недорогой и в последнее время активно исследуется в качестве добавки в электроды благодаря высокой ёмкости (674 мАч/г) и хорошим механическим свойствам [8].

В работе использовались наночастицы (НЧ) и нановискеры (НВ) CuO , синтезированные методом электрохимического осаждения с последующим отжигом [9], а также наночастицы TiO_2 , синтезированные золь-гель методом с последующим отжигом [10]. Методика синтеза электролита описана в работе [11]. Электролиты содержали 0.1 % (по массе) НЧ CuO , НВ CuO , НЧ TiO_2 . Все синтезированные электролиты имели высокую ионную проводимость, сравнимую с проводимостью жидких электролитов (5-8 мСм/см), с электролитами были собраны аккумуляторы: LiFePO_4 /ГПЭ/ Li . Были проведены циклирования при больших токах (до 3С), аккумулятор выдержал 235 циклов заряда-разряда (рис.1).

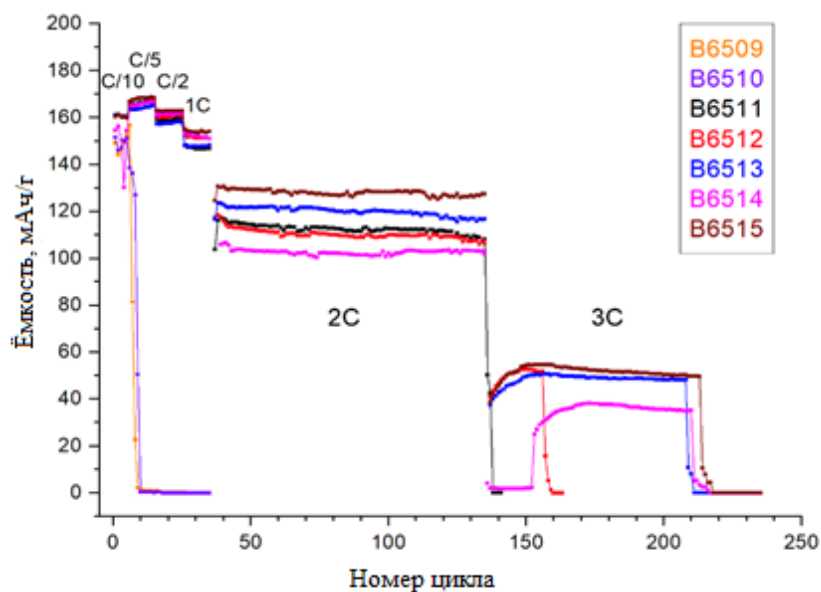


Рис. 1. Значения ёмкости литий-полимерного аккумулятора при различных токах

Наилучший результат показали аккумуляторы с электролитом с ПВДФ большей молекулярной массы B6513 (без НЧ), B6514 (с НЧ CuO), B6515 (с НЧ CuO).

Вывод: наночастицы оксидов переходных металлов не оказали сильного влияния на ионную проводимость электролита, однако, повысили эксплуатационные свойства аккумулятора, также большое значение имел молекулярный вес полимерной основы ПВДФ: аккумулятор с электролитом на основе ПВДФ большей массы выдержал больше 200 циклов заряда-разряда и токи до 3С.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования, проект № 075- 15- 2021- 1349.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Javed O. Review: Two-Dimensional Layered Material Based Electrodes for Lithium Ion and Sodium Ion Batteries / O. Javed, R.A. Aziz. –Text : electronic // Technological Advancement in Instrumentation & Human Engineering. Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2022. – Vol. 882. – URL : https://doi.org/10.1007/978-981-19-1577-2_30 (date of the application 21.09.2022)
2. Lithiated Natural Graphite in Lithium-Ion Cell / J. Libicha, M. Sedlaříková, J. Vondrák [et al.]. – Text : electronic // The Electrochemical Society. – 2017. – № 81. – URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/08101.0087ecst/pdf> (date of the application 19.09.2022)

3. Xue Z. Poly(ethylene oxide)-based electrolytes for lithium-ion batteries / Z. Xue, D. He, X. Xie. – Text : electronic // Journal of Materials Chemistry. – 2015. – Vol 3. – URL : <https://doi.org/10.1039/C5TA03471J> (date of the application 16.06.2022)

4. Advances and prospects of PVDF based polymer electrolytes / Y. Wu, Y. Li, Y. Wang [et al.]. – Text : electronic // Journal of Energy Chemistry. – 2022. – Vol 64. – URL : <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2021.04.007> (date of the application 10.10.2022)

5. Extending the life of lithium-based rechargeable batteries by reaction of lithium dendrites with a novel silica nanoparticle sandwiched separator / K. Liu, D. Zhuo, H.-W. Lee [et al.]. – Text : electronic // Advanced Materials. – 2017. – URL: <https://doi.org/10.1002/adma.201603987> (date of the application 08.06.2022)

6. Synthesis of Li^+ adsorbent (H_2TiO_3) and its adsorption properties / X.-Ch. Shi, Z.-B. Zhang, D.-F. Zhou [et al.]. – Text : electronic // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. – 2013. - Vol 23. – URL : [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(13\)62453-X](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(13)62453-X) (date of the application 13.01.2022)

7. Whisker Growth and Cavity Formation at the Microscale / L. M. Dorogin, M. V. Dorogov, S. Vlassov [et al.]. – Text : electronic // Reviews on Advanced Materials and Technologies – 2020. - №2. – URL: <https://reviewsamt.com/uploads/article/5daf72ad-4292-41c0-891b-66cd5c147f22/Full-text%20paper.pdf> (date of the application 18.03.2022)

8. Podlesnov E. Nanowhiskers for lithium battery anode / E. Podlesnov, M. V. Dorogov. – Text : electronic // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 1008. – URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1008/1/012043/pdf> (date of the application 18.05.2022)

9. Подлеснов Е. Методика получения нановискеров оксида меди для литий-ионных аккумуляторов / Е. Подлеснов, Н. В. Чиркунова, М. В. Дорогов. – Текст: непосредственный // Advances and science and technology : сборник статей XXVI международной научно-практической конференции. - Москва, 2020. - С.112-114.

10. Чиркунова Н. В. Нанопорошки диоксида титана: получение, свойства, применение / Н. В. Чиркунова, М. В. Дорогов. – Текст: непосредственный // Ультрамелкозернистые и наноструктурные материалы : сборник трудов открытой школы-конференции стран СНГ. – Уфа, 2020. - С. 138-140.

11. Подлеснов Е. Гель-полимерный электролит на основе поливинилиденфторида / Е. Подлеснов, М. Г. Нигаматдянов, М. В. Дорогов. – Текст: непосредственный // Интеграция науки, общества, производства и промышленности: проблемы и перспективы : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2021. - С. 81-85.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Попова С. Н., бакалавр, e-eltech@nvsu.ru

г. Нижневартонск, Нижневартонский государственный университет

Аннотация. Рассмотрены вопросы электроснабжения установок эксплуатационного и разведочного бурения, типовая структура системы электропривода переменного тока буровой установки с преобразователем частоты, основные положения применения специального электрооборудования, обеспечивающего бесперебойное питание и работоспособность привода. Применение систем компенсации реактивной мощности улучшает графики нагрузок и решает ряд проблем установок, предназначенных как для электрифицированных районов, так и для автономного электроснабжения.

Ключевые слова: буровые установки, компенсация реактивной мощности, накопители энергии, преобразователь частоты, фильтры, электропривод, электроснабжение.

Установки, применяемые в бурении достаточно разнообразны по своим техническим и эксплуатационным характеристикам, параметры которых зависят от многих факторов, в том числе от вида энергоснабжения и способа автоматизации. Серийно выпускаемые буровые установки (БУ) с глубиной бурения от 2000 до 5000 м включительно обеспечивают практически весь объем эксплуатационного и разведочного бурения [1].

С точки зрения оптимальных технических решений в части электропривода (ЭП) все возможные схемы электроснабжения БУ можно представить в виде типовых структурных схем, в которых применяется различное унифицированное электрооборудование, отличающееся количественным составом параметров, изменяющихся в зависимости от типоразмера установки. Такая структура, применяемая в БУ с глубиной бурения до 5000 м при эксплуатации от систем электроснабжения электрифицированных районов для системы ЭП переменного тока, приведена на рисунке 1. Для привода буровой лебедки, буровых насосов и ротора используются асинхронные двигатели с преобразователем частоты (ПЧ). Питание вспомогательных электрических приводов производится от силового трансформатора 6/0,4 кВ [2].

Асинхронные электроприводы буровых установок потребляют значительную реактивную мощность. Реактивный ток загружает генераторы, а при питании по длинным линиям вызывает дополнительное падение напряжения. Резкие провалы напряжения возникают при пусках мощных электродвигателей. Традиционные фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) на базе конденсаторов или синхронные компенсаторы не обладают необходимым быстродействием для устранения таких провалов. При отключениях приводов и работающих ФКУ возможен «заброс» реактивной мощности емкостного характера на шины генератора. Возникает риск отключения электростанции защитой. В связи с чем применяют автоматические устройства компенсации реактивной мощ-

ности [3]. На рисунке 1 (поз.1) показаны активные фильтры компенсирующие высшие гармоники на сборных шинах 0,4 кВ и 6 кВ. Поз. 2. на схеме – оборудование системы бесперебойного питания приводов.

Активные фильтры обладают быстрой реакцией на изменения нагрузки и гарантируют поддержание требуемого коэффициента мощности. При пусках двигателей компенсация тока осуществляется мгновенно. Большинство применяемых в буровых установках преобразователей частоты построены по схеме «выпрямитель – звено постоянного тока – инвертор». Преобразователи с «общей шиной постоянного тока» комплектуются групповым выпрямителем, общим для нескольких приводов, и индивидуальными инверторами [4].

В случае возникновения аварийного режима, понижения напряжения на 10-20%, обрыва фазы и т.п. ПЧ останавливается встроенной защитой. Подключение в звено постоянного тока накопителей (аккумуляторов или суперконденсаторов) обеспечивает гарантированное питание инвертора и работоспособность привода. Для согласования величины напряжения применяются преобразователи постоянного напряжения.

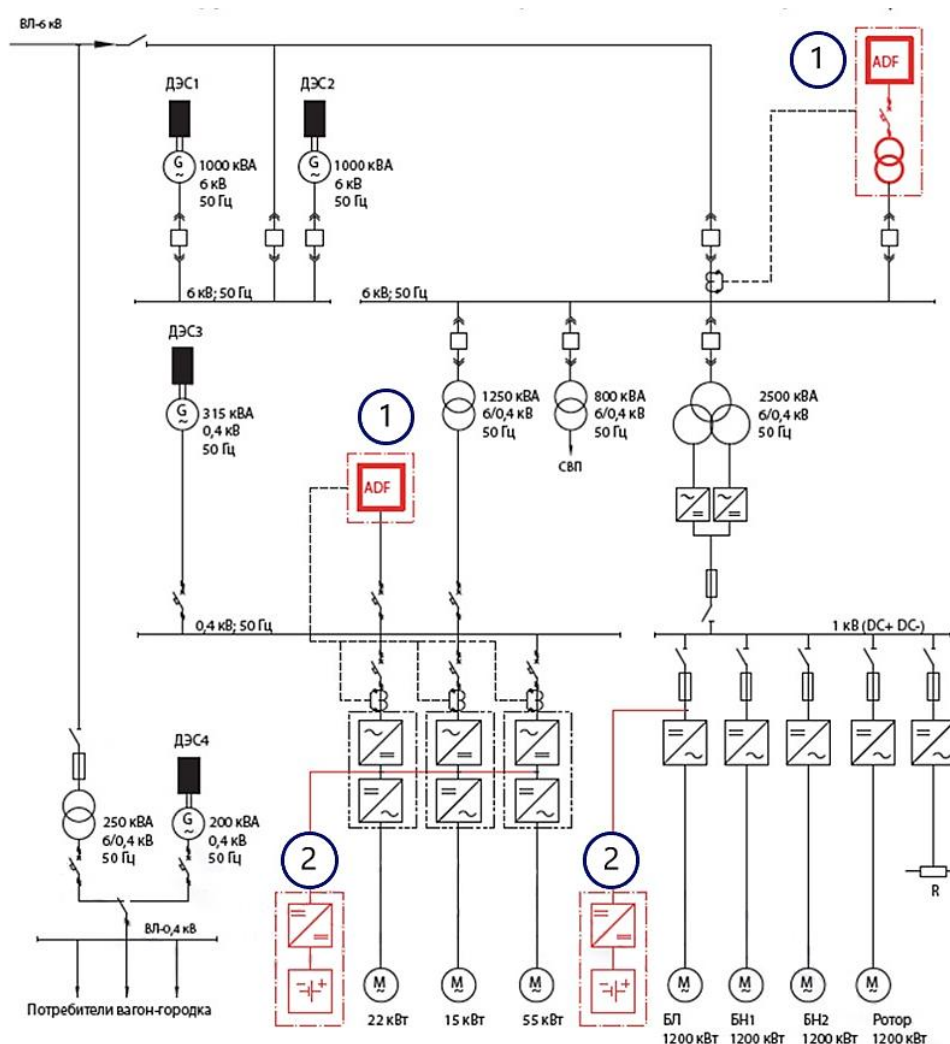


Рис. 1. Электроснабжение буровой установки БУ-3000 ЭУК [4]

Существующие проблемы обостряются при питании буровых установок от систем автономного электроснабжения. Запуск приводов БУ может вызывать отключение генератора, что приведет к остановке электрической станции. Происходит загрузка электроприемников реактивным током, что затрудняет передачу активной мощности потребителям. В сравнении с режимом от систем централизованного электроснабжения при автономном питании высшие гармоники увеличиваются почти вдвое.

При резких набросах нагрузок происходит уменьшение частоты питающего напряжения и вызывает остановку генераторов. Особенно это характерно при работе газопоршневого оборудования. Дополнительное включение источников положительно сказывается на надежности электроснабжения, но при этом ведет к снижению ресурса двигателей и повышенному расходу топлива. В связи с чем, для решения ряда проблем автономного электроснабжения эффективным является использование систем компенсации нагрузок с использованием сетевых преобразователей и накопителей электроэнергии, которые позволяют выровнять графики активных нагрузок и повысить эффективность работы буровых установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабанов В. А. Основы регулируемого электропривода основных механизмов бурения, добычи и транспорта нефти : учебное пособие / В. А. Шабанов. – Уфа: УГНТУ, 2009. – 156 с. – Текст : непосредственный.
2. Современные системы электропривода и управления главными и вспомогательными механизмами нефтегазовых буровых установок. – Текст: электронный // ООО НТЦ «Приводная техника» : сайт. – URL : <https://www.tek-all.ru/userfiles/file/Privodhaya-tehnika/2/00-1.pdf> / (дата обращения 10.11.2022).
3. Мезенцева А. В. Обоснование применения автоматических устройств компенсации реактивной мощности в электрических сетях / А. В. Мезенцева, Ю. Ю. Митина. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы автоматизации и энергосбережения в ТЭК России : материалы Всерос. с междунар. участием науч.-практ. семинара. – Нижневартовск, 2018. – С. 53-57.
4. Электроснабжение буровых установок прорывные технологии на базе статических преобразователей. – Текст: электронный // Инженерный центр «АРТ» : сайт. – URL : https://ic-art.ru/Pdf/APT_Решения%20для%20буровых%20установок_05.03.18.pdf / (дата обращения 11.11.2022).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР НА ТЕРРИТОРИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Поползина А. О., магистрант, popolzinaao.22@mti.gausz.ru

Кизуров А. С., канд. техн. наук, доцент, kizurovas@gausz.ru

г. Тюмень, Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Аннотация: в статье проведен анализ возможности использования композиционных опор на территории Тюменской области. Были учтены природно-климатические и инженерно-геологические условия, а также опыт экспериментальной эксплуатации в Ялуторовском и Ишимском районах. В результате анализа сделаны выводы о необходимости полноценного перехода на новый вид опор и перспективах и условиях их использования в регионе.

Ключевые слова: композитные опоры, Тюменская область, воздушные линии электропередач.

Повышение надежности электроснабжения потребителей – одна из главных задач электросетевой компании. При этом нужно учитывать множество факторов, в том числе, природно-климатические и инженерно-геологические условия региона. Так, например, на юге Западной Сибири преобладает заболоченная труднопроходимая местность, грунты, подверженные заморозкам и многие другие факторы, затрудняющие выполнение работ на воздушных линиях электропередач. Учитывая финансовые, временные, материальные и человеческие затраты на ремонтные, аварийно-восстановительные и строительно-монтажные работы, возникает необходимость внедрения опор, оптимизирующих все виды эти затрат. Такие опоры должны быть более транспортабельные, легкие и долговечные в сравнении с уже имеющимися деревянными, железобетонными или металлическими. Все эти пункты имеет относительно новый вид опор – композиционные. В этой статье будет рассмотрена возможность повсеместного внедрения композитных опор в Тюменской области с учетом всех влияющих факторов.

Для начала необходимо разобраться с конструкцией композитной опоры. Стойка, изготовленная, как правило, из стеклопластика, состоит из модулей в виде усеченных конусных труб различных диаметров. Сборка опоры заключается в телескопической стыковке модулей друг в друга с перекрытием не менее 1,5 диаметра ствола в месте стыка. После соединения для плотной посадки необходима подпрессовка.

В России производством композитных опор для линий электропередач до 220 кВ занимается новосибирская компания ЗАО «Феникс-88», и в каталоге их продукции указаны основные условия эксплуатации опор:

- Минимальная температура - -60°C .
- Максимальная температура - $+40^{\circ}\text{C}$.

- Предельная высота эксплуатации над уровнем моря - 1000 м.
- Рабочее значение влажности воздуха (среднегодовое / верхнее) - 75 % / 100 % [1].

Природно-климатические условия Тюменской области [2]:

- Средний температурный диапазон: -20 ... +20;
- Расположение над уровнем моря не превышает 160 м;
- Влажность воздуха (среднегодовая/верхнее): 77%/100%.

На основе этих данных можно сделать вывод о том, что использование композитных опор в климате юга Западной Сибири допустимо.

Однако учет только природно-климатических условий будет недостаточным для оценки возможности применения опор. Необходимо также учесть инженерно-геологические условия. Основные инженерно-геологические условия юга Тюменской области заключаются в плоском равнинном рельефе, сложных гидрогеологических условиях, преобладании поверхностных отложений и развитии определенных процессов и явлений (эрозия, пучинность грунтов и т.д.). Так, сам город Тюмень расположен в южной зоне Западно-Сибирской низменности, которая характеризуется избыточным увлажнением грунтов и сильной заболоченностью. Населенные пункты расположены преимущественно по берегам рек, из-за чего наблюдается развитие эрозии, вызванной вырубкой лесов в результате освоения земель. Подмыв берегов реками может привести к разрушению зданий и дорог. Кроме того, были отмечены деформации сооружений с неглубоким заложением фундамента за счет пучения грунтов. Однако сооружения, возведенные с учетом всех инженерно-геологических условий местности, эксплуатируются в течение длительного времени.

В условиях эксплуатации композитных опор указано, что допустимо, помимо установки в условиях городской застройки, применение в труднодоступной местности – лесной, болотистой и горной. Соответственно, установка таких опор с учетом инженерно-геологических условий в Тюменской области возможна.

Условия сборки, установки, транспортировки и складирования также способствуют возможности применения опор в условиях региона. Конструкция опоры состоит из модулей, которые можно разместить во внутреннем пространстве по принципу «меньший в большем», что удобно для транспортировки. Такой вариант позволяет перевозить в одном грузовой транспорте 5-7 полностью укомплектованных опор со всеми сопутствующими элементами. Это же свойство позволяет сократить площади складского хранения аварийного резерва электросетевой компании.

Установка опор предусматривает фундамент, который предусмотрен для всех видов грунта – песчаные, супесчаные, суглинистые, глинистые, скальные и болотные. Нижние модули стойки закрепляются в грунт в пробуренном котловане, также возможны доработки подкрепляющих конструкций в виде свай, труб или ригелей, в зависимости от коэффициента пористости грунта [3].

Экспериментальное применение в регионе

В 2013 году ОАО «ТюменьЭнерго» (сейчас АО «РоссетиТюмень») ввели в эксплуатацию опоры линии электропередачи 110 кВ из стеклопластикового композита – это был первый опыт применения композитных опор в Западной Сибири. Опоры были установлены в Казанском районе на одноцепной линии Ишимского ТПО 110 кВ «Казанка-Дубынка» и Ялуторовском районе на двухцепной линии Южного ТПО «Декабристов – Криволукская», «Декабристов – Беркут» [4]. Опыт монтажа прошел успешно, а также практически сразу оборудование было испытано в экстремальных условиях: Тюменская область попала в область циклона, из-за которого регион в течение недели подвергался аномальным осадкам, ветру и низким температурам, несвойственным летнему сезону.

По данным отчета АО «РоссетиТюмень» на 2014 год об опыте эксплуатации композитных опор длительность сборки и монтажа композиционной опоры превысила в 5 раз типовую (до 12 часов работы) железобетонной опоры. Сложность сборки заключалась в следующих пунктах:

1. Для сборки опоры, высота которой составила 29,5 м, что выше типовой железобетонной на 7 метров, требовался кран-манипулятор грузоподъемностью 25 тонн, вместо обычных 16 т;
2. В виду того, что диаметр нижнего модуля стойки опоры составляет 1 м, вместо типовых 0,56 м, пришлось применить экскаватор для выкапывания котлована глубиной 4 метра;
3. Для стяжки модулей требовалась лебедка, которая не предусмотрена комплектом;
4. Затрачивается время на выверку и сверление технологический отверстий для болтовых соединений;
5. В некоторых случаях возникала необходимость сварочных работ;
6. Необходимо привлечение высококвалифицированного персонала в виду сложности сборочных единиц.

Исходя из этих пунктов, затраты на монтаж многократно выросли.

Обследование композитных опор после ввода в эксплуатацию производилось 1 раз в квартал (до 2014 года). Кроме того, в сентябре 2013 года была разработана беспроводная система мониторинга композитных опор линий электропередач 110 кВ, которая предусматривала мониторинг ветровых и вибрационных нагрузок. В 2022 году система была демонтирована в связи с решением об окончании измерений, а за время использования было выявлено, что:

- Отклонение опор от вертикальной оси, пучение и усадка грунта не выявлены, что означает достаточное закрепление стоек в грунте для их устойчивости;
- Сопротивление контура заземления соответствует норме – менее 10 Ом.

Стойки опоры выдержали ветровые нагрузки, аномальные осадки и температурное воздействие. Однако, в 2020 году произошла аварийная си-

туация из-за ветра с порывами 20-25 м/с – провод и гирлянда изоляторов наклонило к земле под 45° к земле, в следствие чего они дотянулись до рядом проходящей ВЛ 10 кВ и произошло короткое замыкание.

Также после первого года эксплуатации было обнаружено, что огнестойкая обработка нижней части стойки отслаивается и, возможно, утратила бы свои свойства со временем, что означало необходимость более качественной обработки. Поэтому стойки обработали композиционным составом, разработанным ЗАО «Феникс-88» совместно с НИОКР. Гарантийных обязательств на огнестойкость не предоставлено. Низовых пожаров вблизи опор не происходило, в том числе потому что траву на определённом расстоянии скашивают 4 раза в год.

На момент монтажа опор стало понятно, что обслуживание будет трудновыполнимым: высота опоры подразумевает использование подъемника высотой 28 метров, невозможно крепление к изолятору из-за риска повреждения полимерной изоляции.

На основе анализа заявленных данных производителя, отчете об эксплуатации в течение первого года пользования и фактическом состоянии на сентябрь 2022 года, мы можем сделать несколько нижеизложенных выводов:

1. Природно-климатические и инженерно-геологические условия позволяют использовать композитные опоры на юге Тюменской области;
2. Опоры относительно устойчивы к климатическим нагрузкам (сильный ветер, аномальные осадки, заморозки);
3. Простота сборки и установки не соответствует заявленной производителем, необходимы мероприятия по снижению трудо- и время-затрат;
4. Защита от низового пожара (на высоте не выше 2 м от поверхности земли) предусмотрена, но после дополнительно обработки композиционным составом;
5. Не определен порядок утилизации опор данного типа: композитные материалы – полимеры – не утилизируются, их производство вредно для окружающей среды и достаточно дорого.

Проведя анализ технологических нарушений, вызванных разрушением стоек опор за период 10 лет, можно наблюдать, что на ВЛ 110-35 кВ таковые отсутствуют. Объясняется это умеренным климатом и высоким запасом прочности и надежности из-за полного отсутствия деревянных опор данной категории ВЛ. А кольцевая энергосистема позволяет без ущерба потребителей выводить линии в ремонт. Возникающие дефекты стоек позволяют в плановом порядке производить замену, избегая аварийных режимов. Следовательно, аварийный запас композитных опор для данного класса напряжения может сводиться к минимуму или вовсе отсутствовать.

На ВЛ 10-0,4 кВ регулярно повреждаются опоры в следствие различных причин: грозовые, паводковые явления, пожары, последствия ДТП

и т.д. Данный класс ВЛ обладают высокой разветвленностью, часто проходят по труднодоступным, заболоченным и затапливаемым местам, или в стеснённых условиях города. ВЛ 10-0,4 кВ обладают высокой аварийностью из-за низкого запаса прочности, преобладает применение деревянных опор. Поэтому на юге Тюменской области особый интерес может вызывать применение композитных опор для этого класса ВЛ, с целью формирования аварийного резерва.

Учитывая стоимость композиционных опор, ценообразование которых составляет композиционный материал и трудоемкость изготовления, и все перечисленные выше выводы, полноценный переход на такой вид повсеместно на территории Тюменской области нецелесообразен. Однако перспективы применения имеют место быть в том случае, когда стоимость не будет выше железобетонной опоры и будут устранены все обнаруженные недостатки. Для применения опор, как задумывалось изначально проектом создания, в труднодоступной местности необходимо рассмотреть вопрос о еще большем снижении веса стойки опоры и разработать методологию доставки, монтажа и установки опор. Решив ряд поставленных задач, появится возможность получения композитных опор, которые значительно повысят надежность всей энергосистемы региона. Но даже в этом случае применение опор из композитного материала ставится под сомнение со стороны экологичности их использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поров И. С. Опыт эксплуатации композитных опор ВЛ 110 кВ в ОАО «Тюменьэнерго // И. С. Поров – URL : <http://fc-union.com/wp-content/uploads/2014/08/24.-Porov-I.S.pdf?ysclid=l86zq9nz8m262338078> (дата обращения : 12.09.2022) - Текст: электронный.
2. Доклад «Об экологической ситуации в Тюменской области в 2021 году». – Текст : электронный // Портал ОГВ ТО : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://admtyumen.ru> (дата обращения : 12.09.2022).
3. Каталог «Композитные опоры для линий электропередач 220-110 кВ и 35-10 кВ». – Текст : электронный // Новости. Изоляторы и ОПН : официальный сайт. – 2022. – URL : <http://fenix88.com> (дата обращения : 12.09.2022).
4. Новости компании АО «РоссетиТюмень», июль 2013 года. – Текст : электронный // АО «Россети Тюмень». Новости : официальный сайт. – 2022. – URL : <https://www.te.ru> (дата обращения : 12.09.2022).

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЧАСТИ ВЭУ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЭС

Радько П. П., магистрант, ppr1@tpu.ru

Рубан Н. Ю., канд. техн. наук, доцент, rubanny@tpu.ru

г. Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Аннотация. Из-за глобальной тенденции перехода к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) общесистемное значение постоянной инерции уменьшается. Это приводит к появлению более стремительных и опасных переходных процессов. Одной из мер противодействия этому негативному фактору является использование кинетической энергии вращающихся масс ветряных электроустановок (ВЭУ). Данная работа призвана продемонстрировать эффективность этого использования с помощью моделирования тестовой энергосистемы и возмущений в ней. Исследование показало, что использование кинетической энергии вращающихся масс улучшает устойчивость системы, значительно сокращая предельное отклонение частоты.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветряная электроустановка 4-го типа, синтетическая инерция, IEEE 9 bus, EUROSTAG.

Инерция — тенденция движущегося объекта оставаться в движении — исторически была важным источником надежности в электрической сети. В первые секунды после возмущения именно инерция не позволяет частоте изменяться скачком, при этом чем больше значение постоянной инерции, тем проще системе поддерживать номинальное значение частоты [1].

Однако из-за глобальной тенденции перехода к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) общесистемное значение постоянной инерции уменьшается. Солнечные электроустановки в принципе не имеют вращающихся частей, способных накопить кинетическую энергию, в то время как ветроэнергетические установки (ВЭУ) не могут напрямую использовать энергию вращающихся масс из-за того, что они отделены от сети силовыми преобразователями [2].

Одной из мер увеличения постоянной инерции в электрической сети является использование кинетической энергии вращающейся части ВЭУ с помощью специальных каналов управления, которые называются блоками синтетической инерции (СИ) [3].

Анализу влияния синтетической инерции в ветроэнергетической установке 4-го типа на устойчивость по частоте и посвящена данная работа.

Для исследования частоты системы используется учебная тестовая модель ЭЭС 9 bus IEEE, представленная на рис. 1. Чтобы получить осциллограмму частоты при отсутствии ВЭУ в энергосистеме отключается шина 7 при включенной шине 6. Соответственно, обратные действия про-

водятся для опыта внедрения ВЭУ, после которого доля возобновляемой мощности достигает 80%. Модель реализована в программном комплексе «Eurostag».

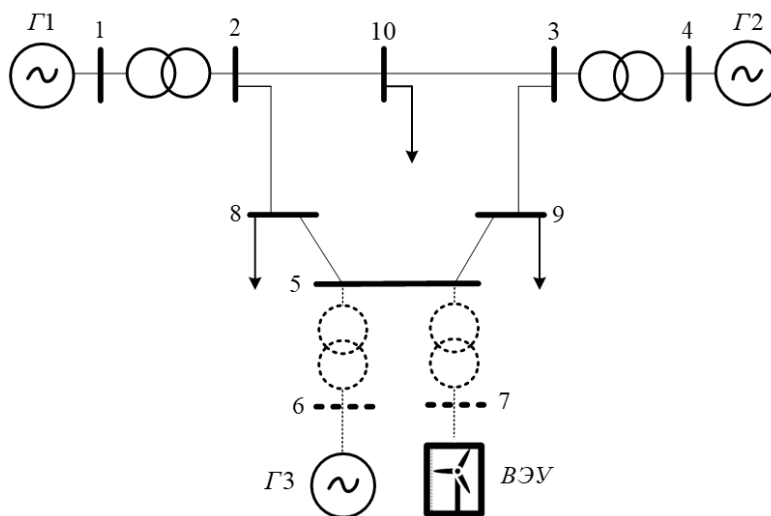


Рис. 1. Схема сети 9 bus IEEE

На рис. 2 приведены результаты проведенных экспериментов. Из сравнения осциллограмм можно сделать вывод, что частота действительно изменяется более стремительно при внедрении ВЭУ (сравнение зеленой и синей осциллограмм). Однако использование блоков синтетической инерции значительно сокращает предельное отклонение частоты (сравнение красной и зеленой осциллограмм), что повышает устойчивость рассматриваемой энергосистемы и делает переходный процесс более безопасным. Значения минимальных зарегистрированных частот приведены в таблице 1.

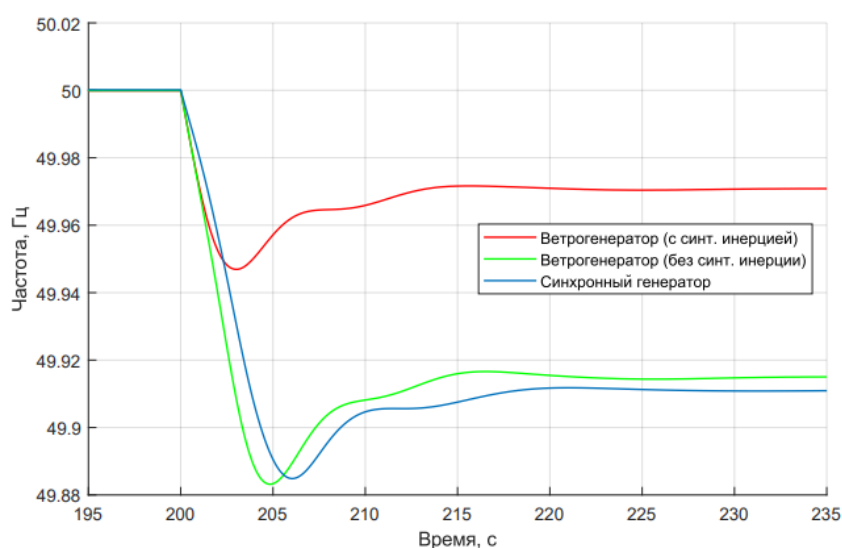


Рис. 2. Осциллограммы частоты

Сравнение минимальных частот

Опыт	Значение минимальной частоты, Гц
Синхронный генератор	49,882
Ветрогенератор без СИ	49,881
Ветрогенератор с СИ	49,948

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, грант МК-5320.2021.4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Coordinated Control Schemes of Super-Capacitor and Kinetic Energy of DFIG for System Frequency Support / L. Xiong, Y. Li, Y. Zhu [et al.]. – Direct text // Energies. – 2018. - №11. – P. 1-16.

2. Teodorescu R. Grid converters for photovoltaic and wind power systems / R. Teodorescu, M. Liserre, P. Rodriguez. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2011. – 323 p. – Direct text.

3. Tielens P. Grid inertia and frequency control in power systems with high penetration of renewables / P. Tielens, D. Van Hertem. – Direct text // Young Researcher Symposium. - Delft, 2012. - P. 1–6.

УДК 621.315.29

ДИАГНОСТИКА КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ 35 КВ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА CPDA

Зацаринная Ю. Н., канд. техн. наук, доцент, waysubbota@gmail.com

Рамазанова Р. И., магистрант, reginaramazanova2777@gmail.com

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В нашем исследовании мы привели результаты диагностики силового кабеля АПВВнг(В)-LS 35 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена, сделанные прибором CPDA-15, CPDA-30 методом частичных разрядов. Описаны особенности исследуемой кабельной линии, конструкция и принцип действия установки, процесс работы и анализ полученных данных программой CPDA. Сделаны выводы по диагностике и рекомендации по дальнейшей эксплуатации силового кабеля.

Ключевые слова: кабельная линия, диагностика, прибор CPDA-15, неразрушающий метод, частичные разряды, отраженные сигналы.

С постоянным развитием и урбанизацией городов Российской Федерации, нам приходится постепенно заменять линии электропередач, кото-

рые широко используются во всех городских энергосистемах. Это связано с увеличением срока службы кабелей и их старением, износом, соответственно, увеличивается количество неисправностей и повреждений. Появляется актуальная проблема, каким способом будет более эффективно оценить рабочее состояние кабеля. Именно поэтому мы рассмотрели диагностику кабельных линий с помощью прибора CPDA-15 и CPDA-60 [1].

Благодаря программе, по которой проводится анализ, отражаются частичные разряды и электрические параметры, отражающие характеристики состояние кабеля в процессе эксплуатации. В соответствии с полученными электрическими характеристиками мы видим кривые состояния работы кабеля, по которым можем привести выводы и отчет, а также рекомендации по дальнейшей эксплуатации [1, 2].

Приборы, с которого были получены данные, относятся к марке CPDA. Его конструкция представлена на рисунке 1. Они предназначены для диагностики состояния высоковольтной изоляции кабельных линий методом регистрации частичных разрядов в кабельных линиях. В рамках этой статьи рассматривается силовой кабель АПвВнг(В)-LS 35 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена.



Рис. 1. Конструкция прибора CPDA-30

Исследуемый тип кабеля широко применяется при стационарной прокладке для передачи электроэнергии в кабельных сооружениях и производственных помещениях. Изоляция из сшитого полиэтилена сечением 35 мм, количество жил – 1, рассчитанная на напряжение 35 кВ.

Мы рассмотрели кабельную линию АПвВнг(В)-LS, были сняты по 10 единиц измерения с помощью прибора в каждой фазе (А, В, С). Далее была сформирована выборка для анализа из полученных замеров. По результатам обработки мы получили рефлектограмму на рисунке 2.

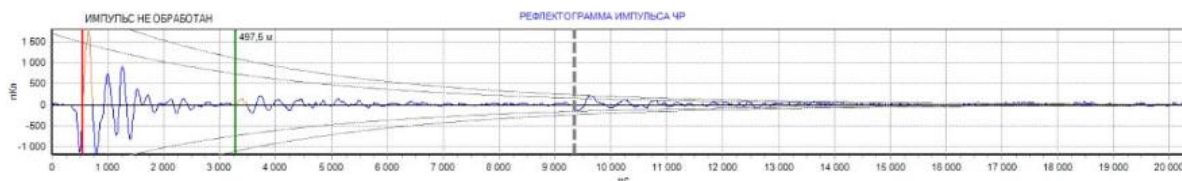


Рис. 2. Рефлектограмма импульса ЧР исследуемого кабеля

На ней хорошо можно увидеть отраженный сигнал, который говорит нам о том, что волновое сопротивление отличается от среднего параметра. А если у нас присутствуют несоответствия, то могут появляться отраженные сигналы, что в будущем могут повлиять на передачу сигналов, соответственно, вызвать потери в кабельной линии.

На рисунке 3 видно, что основная часть исследуемых импульсов частичного разряда приходится на отметку 660 метров. Значит именно в этой зоне происходит развитие скрытого дефекта. Возможно, в изоляции присутствуют пузыри газовые, увлажнение или другое.

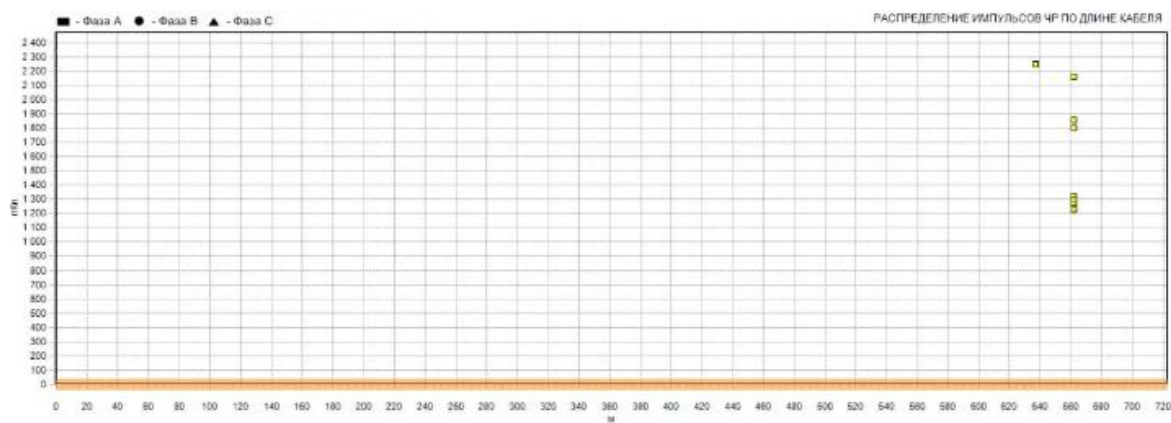


Рис. 3. Распределение импульсов ЧР по длине кабеля

Очень важно на ранних стадиях определить развитие дефекта в кабельной линии, чтобы оно не перешло в критический. Аварийный дефект в будущем может проявляться в виде дуговых и искровых разрядов [3].

Проанализировав амплитудно-фазовое распределение можно выявить, что все частичные разряды находятся в диапазоне от 1200 пК до 7000 пК. Следовательно, диагностику кабельной линии следует провести не позже чем через один год. Обычно, такой дефект устраняется вырезанием поврежденной части изоляции и заменой его на новую.

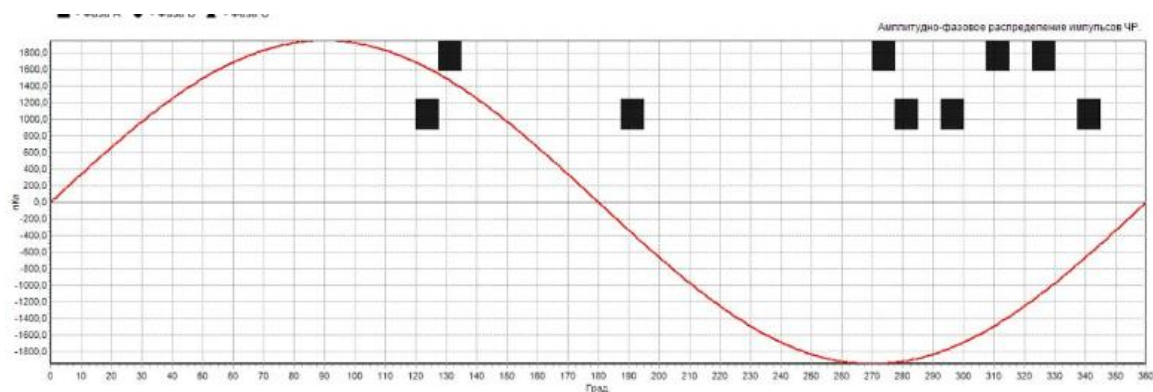


Рис. 4. Амплитудно-фазовое распределение импульсов ЧР

Метод диагностики приборами марки CPDA относится к неразрушающему методу. Результаты о состоянии кабеля выявляем, не повреждая его [4].

Таким образом, изучив конструкцию прибора CPDA, выявив особенности силового кабеля, проанализировав данные с помощью программы, мы смогли выявить область развития дефекта в кабеле АПВВнг(В)-LS 35 кВ и дать рекомендации по его дальнейшему обслуживанию. Убедились, что данный метод измерения частичных разрядов в КЛ является эффективным для выявления проблемных зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Привалов В. В. Диагностика оборудования кабельных линий электропередач : учебное пособие / В. В. Привалов – Москва : Директ-Медиа, 2015. – 60 с. – Текст : непосредственный.
2. Балашов А. И. Кабели и провода. Основы кабельной техники / А. И. Балашов. - Москва : Энергоатомиздат, 2009. – 470 с. – Текст : непосредственный.
3. Таджибаев А. И. Оценка технического состояния кабелей и кабельных сетей : учебное пособие / В. А. Канискин, А. А. Пушачев. – Санкт-Петербург : ПЭИПК, 2007. – 173 с. – Текст : непосредственный.
4. «CPDA» Система контроля изоляции кабельных линий/ Руководство по эксплуатации : сайт. – URL : <https://dimrus.ru/cpda.html> (дата обращения: 16.11.2022). – Текст: электронный.

УДК 621.316.13

АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рохлов В. А., аспирант, rohlov.vlad.97@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В условиях растущего спроса на электроэнергию, с учетом большой протяженности электрических сетей остается актуальной задачи снижения потерь электроэнергии в электросетевом комплексе. С целью выделения самой "проблемной", с точки зрения потерь, части электрической сети в работе приведен анализ статистики потерь электроэнергии по стране в целом и по регионам в отдельности. Выявлена корреляционная связь между уровнем потерь электроэнергии в регионе и характером электропотребления.

Ключевые слова: электрические сети, энергосбережение, потери электроэнергии, статистика, корреляция.

На данный момент энергетическая отрасль развивается согласно энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, в которой отражены приоритеты государственной энергетической политики РФ, одним из которых является энергетическая эффективность. Одним из важнейших показателей энергетической эффективности передачи и распределения электроэнергии является уровень фактических потерь электрической энергии и мощности в электрических сетях.

Согласно п. 50 разд. VI Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 27.12.2004 №861 [1] объем фактических потерь электроэнергии в электрических сетях определяется как разница между объемом электрической энергии, переданной в электрическую сеть из других сетей или от производителей электрической энергии, и объемом электрической энергии, которая поставлена по договорам энергоснабжения (купли-продажи (поставки) электрической энергии (мощности) и потреблена энергопринимающими устройствами, присоединенными к данной электрической сети, а также объемом электрической энергии, которая передана в электрические сети других сетевых организаций.

Динамика изменения уровня фактических потерь электроэнергии в электрических сетях за период 2005 – 2021 гг., составленная по данным Федеральной службы государственной статистики [2] представлена в таблице 1.

Таблица 1

Динамика изменения уровня потерь электроэнергии в электрических сетях
за период 2005 – 2021 гг.

год	Потреблено электро- энергии всего, млн. кВт*ч	Потери в электрических сетях, млн. кВт.*ч	Потери в электрических сетях, % от отпуска в сеть
2005	940702,7	112620,3	11,97
2006	979982,6	107589,1	10,98
2007	1002535	104855,1	10,46
2008	1022746	109240	10,68
2009	977122,4	100959	10,33
2010	1020632,5	104933,1	10,28
2011	1041122,1	105002,1	10,09
2012	1063319,5	106667,4	10,03
2013	1054822,6	102207,6	9,69
2014	1064956,1	106930,5	10,04
2015	1060243,1	106552,4	10,05
2016	1077948,4	107246,8	9,95
2017	1089104,7	105260,9	9,66
2018	1108134,0	103119,1	9,31
2019	1110050,3	99077,2	8,93
2020	1085045,1	95571,6	8,81
2021	1135352,9	97829,3	8,62

Из данных таблицы 1 видно, что уровень потерь электроэнергии в относительных единицах снижается, но из-за растущего потребления электроэнергии потери в абсолютных единицах остаются примерно на одном уровне, следовательно, с учетом растущих тарифов, затраты на оплату потерь возрастают.

Для выявления самых «проблемных», с точки зрения потерь, частей электрических сетей, необходимо выявить характерные черты систем электроснабжения регионов Российской Федерации и проанализировать статистику потерь электроэнергии по регионам с учетом этих данных. В отчетах Федеральной службы государственной статистики приводится информация о характере электропотребления в регионах, исходя из которой возможно рассчитать долю промышленного электропотребления и электропотребления городским и сельским населением. Системы электроснабжения городов и сел характеризуются малыми мощностями единичных потребителей, большой распределенностью по площади, и, как следствие, большим количеством распределительных сетей напряжением 10-0,4 кВ, в то время как, системы электроснабжения промышленных предприятий характеризуются большими единичными мощностями и их высокой плотностью, следовательно, большим количеством сетей высокого напряжения.

Для выявления связи между характером потребления и уровнем потерь электроэнергии рассчитаем коэффициенты линейной корреляции по формулам (1), (2).

$$r_{np} = \frac{n \sum_{i=1}^n \Delta W_i \cdot \mathcal{E}_i^{np} - \sum_{i=1}^n \Delta W_i \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i^{np}}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n \Delta W_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n \Delta W_i \right)^2} \cdot \sqrt{n \sum_{i=1}^n (\mathcal{E}_i^{np})^2 - \left(\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i^{np} \right)^2}}, \quad (1)$$

$$r_{nac} = \frac{n \sum_{i=1}^n \Delta W_i \cdot \mathcal{E}_i^{nac} - \sum_{i=1}^n \Delta W_i \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i^{nac}}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n \Delta W_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n \Delta W_i \right)^2} \cdot \sqrt{n \sum_{i=1}^n (\mathcal{E}_i^{nac})^2 - \left(\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i^{nac} \right)^2}}, \quad (2)$$

где ΔW_i - уровень потерь электроэнергии в i -том регионе; $\mathcal{E}_i^{nac}$ - доля электропотребления городским и сельским населением в i -том регионе; $\mathcal{E}_i^{np}$ - доля промышленного электропотребления в i -том регионе; n - общее количество регионов.

Результаты расчета коэффициентов линейной корреляции, а также характеристика тесноты связи, приведены в таблице 2.

Результаты расчета коэффициентов линейной корреляции

Год	Связь между уровнем потерь электроэнергии в электрических сетях и долей промышленного потребления		Связь между уровнем потерь электроэнергии в электрических сетях и долей потребления городским и сельским населением	
	Коэффициент корреляции	Характеристика тесноты связи по шкале Чеддока	Коэффициент корреляции	Характеристика тесноты связи по шкале Чеддока
2005	-0,65	Заметная	0,68	Заметная
2006	-0,65	Заметная	0,64	Заметная
2007	-0,69	Заметная	0,5	Заметная
2008	-0,73	Сильная	0,69	Заметная
2009	-0,75	Сильная	0,73	Сильная
2010	-0,73	Сильная	0,76	Сильная
2011	-0,73	Сильная	0,62	Заметная
2012	-0,69	Заметная	0,65	Заметная
2013	-0,69	Заметная	0,65	Заметная
2014	-0,7	Сильная	0,67	Заметная
2015	-0,68	Заметная	0,6	Заметная
2016	-0,71	Сильная	0,7	Сильная
2017	-0,71	Сильная	0,68	Заметная
2018	-0,7	Сильная	0,71	Сильная
2019	-0,68	Заметная	0,7	Сильная
2020	-0,69	Заметная	0,71	Сильная
2021	-0,69	Заметная	0,63	Заметная

Из результатов расчета видно, что между уровнем потерь электроэнергии в электрических сетях и характером электропотребления имеет место заметная и сильная корреляционная связь, что позволяет сделать вывод о том, что снижение потерь в распределительных электрических сетях 10/0,4 кВ является перспективным направлением в сфере энергосбережения в электросетевом комплексе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Российская Федерация. Постановления Правительства. Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хо-

зяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям : Постановление Правительства № 861 : [утверждено Правительство Российской Федерации 27 декабря 2004 года]. – Центрмат, 2022. – 330 с. ; 20 см. – 1000 экз. – ISBN 978-5-903030-24-8. – Текст : непосредственный.

2. Федеральная служба государственной статистики : сайт. – URL : <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 19.10.2022). – Текст: электронный.

3. Рохлов В. А. Способ снижения потерь электроэнергии в распределительных сетях с двусторонним питанием / В. А. Рохлов, Г. А. Хмара, Р. С. Бойчук. – Текст : непосредственный // Электроэнергия. Передача и распределение. - 2021. - № 4 (67). – С. 98-103.

УДК 620.9 : 303.094.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИКИ ОТКАЗОВ ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ В ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЕТРЯНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Семин Д. И., магистрант, piligrim.10@inbox.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Цифровая трансформация промышленности – неизбежная и необходимая мера для развития топливно-энергетического комплекса Российской Федерации. Актуальной областью в цифровизации промышленности является создание цифровых двойников оборудования и производства в целом. Целью данной статьи является разработка логики влияния отказов конкретных элементов ветряной турбины на работу имитационной модели технического обслуживания ветряной электростанции. В статье представлен процесс моделирования отказа ветряной турбины на примере неисправностей лопастей турбины. При этом учитываются два типа неисправности: критическая и некритическая.

Ключевые слова: имитационная модель, ветряная электростанция, техническое обслуживание.

На текущем этапе разработки имитационной модели технического обслуживания ветряной электростанции выделены основные узлы ветряной турбины и их возможные неисправности, которые будут учитываться в имитационной модели, см. Табл. 1. Неисправности подобраны таким образом, что часть из них является некритическими, понижающими жизненный цикл турбины, а часть - критическими, приводящими к моментальному отказу турбины. По такому принципу неисправности расположены в таблице сверху вниз для каждого элемента турбины соответственно.

Узлы турбины и их возможные неисправности

Конструктивная часть турбины	Возможные неисправности: некритические и критические
Лопасты	Деформация лопастей
	Отказ первичного вала турбины
Генератор	Перегрев генератора
	Отказ генератора
Вал генератора вторичный	Старение масла в подшипниках
	Остановка вала

Логика работы имитационной модели основана на диаграммах состояния (Рис.1). Моделирование осуществляется в программном продукте “AnyLogic”. В данный момент каждая ветряная турбина имеет три возможных состояния: работоспособное (нормальное), предотказное и состояние отказа. Изначально турбины находятся в нормальном состоянии и по истечению случайного количества времени переходят в одно из двух других состояний.

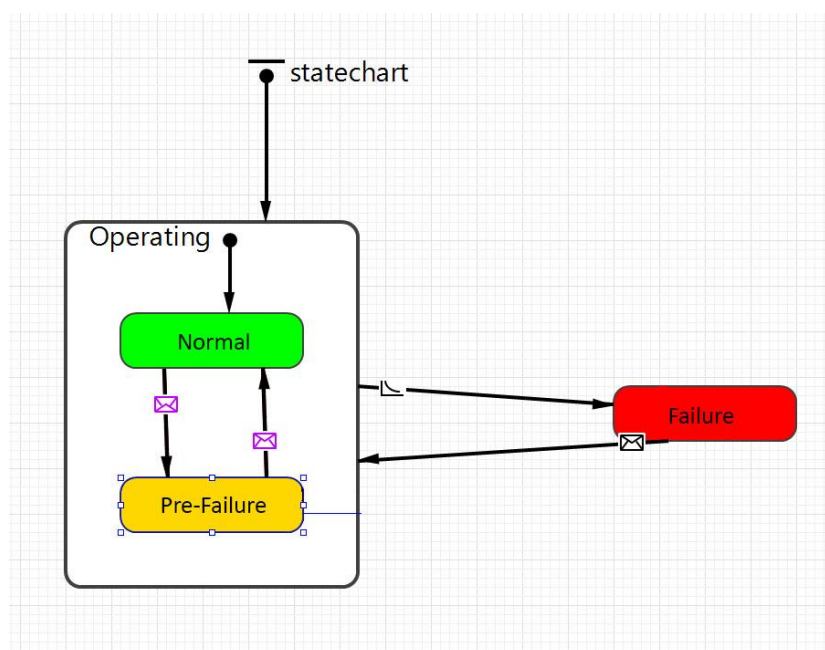


Рис. 1. Логика отказа ветряной турбины

На примере логики отказа лопастей турбины рассмотрим схему, к которой было решено прибегнуть (Рис. 2). Изначально турбина находится в нормальном состоянии, следовательно, лопасти так же в нормальном состоянии. По истечению случайного времени, которое определит программа, турбина перейдет в одно из двух состояний отказа. Если турбина перехо-

дит в состояние “Shaft failure” (отказ первичного вала), наступает мгновенный отказ, и турбина полностью переходит в состояние неисправности, независимо от того, в каких состояниях находятся остальные ее узлы.

Если же лопасти переходят в состояние «Deformation» (деформация лопастей), то турбина переходит в предотказное состояние, так же независимо от того, находятся ли в работоспособном состоянии остальные узлы. При этом должен запускаться таймер, по истечении которого турбина откажет. Этот таймер имитирует сокращение жизненного цикла турбины. Если за время, пока турбина находится в предотказном состоянии не будет произведен ремонт, турбина откажет и не будет работать, пока ее не починят. При этом время починки должно зависеть от повреждения, и будет задаваться из листа Excel или через интерфейс программы перед ее запуском.

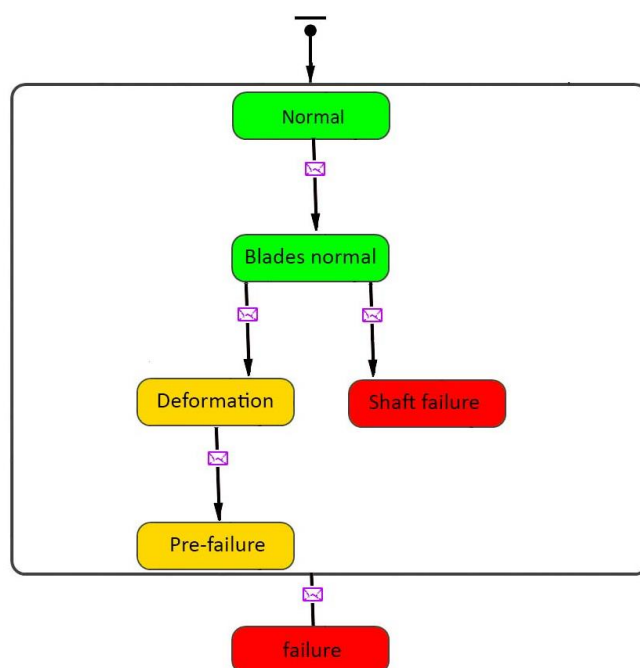


Рис. 2. Логика отказа ветряной турбины, учитывающая вид неисправности лопастей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Махитко В. П. Имитационное моделирование в мелкосерийном производстве / В. П. Махитко, И. Н. Хайомвич, А. С. Клentak. – Текст: электронный // Экономика и управление в социальных и экономических системах. – 2019. – № 1. – URL : https://www.imi-samara.ru/wp-content/uploads/2020/09/Makhitko_Khaymovich_Klentak_17-25.pdf (дата обращения: 07.10.2022).

2. Принцип работы ветрогенератора : сайт. – URL : <https://tcip.ru/blog/wind/printsip-dejstviya-i-raboty-vetrogeneratora.html> (дата обращения: 10.10.2022). - Текст: электронный.

3. Anylogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию. – Текст: электронный // Anylogic.ru : официальный сайт. – 2004. – URL : <https://www.anylogic.ru/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials/> (дата обращения: 01.10.2022).

УДК 620.9:338

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ДОМАШНИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Соловьева Е. Д., бакалавр, 1am.ekats@gmail.com

Бурганов Р. А., д-р экон. наук, профессор, burganov-r@mail.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В статье рассмотрены основные проблемы устойчивого развития энергетики в домашнем хозяйстве в рамках прогнозируемых ростов использования энергии как в стране, так и в округах. Рассеянность населенных пунктов, отсутствие средств, разработанных и внедренных нормативно-правовых актов по данной тематике, а также отсутствие доступа к возобновляемым источникам энергии способствуют снижению энергоэффективности хозяйств и увеличению энергопотребления на местном уровне. Выявленные принципы устойчивой энергетики способствуют развитию энергоэффективности домашних хозяйств в рамках внедрения различных установок, приспособлений и принципов контроля за энергопотреблением.

Ключевые слова: устойчивая энергетика, домашнее хозяйство, энергопотребление, энергоэффективность, энергия, возобновляемые источники энергии.

Принципы устойчивой энергетики затрагивают все сферы и уровни деятельности хозяйственных субъектов, включая домашние хозяйства. В программы реформирования энергоснабжающих систем прошедших десятилетий вошло стимулирование выбора экологически безопасных видов топлива, повышение объема энергетических ресурсов для нужд домашних хозяйств с помощью разработки инновационных технологий, внедрение самостоятельных программ по обеспечению устойчивого развития нетрадиционных источников энергии и увеличение эффективности используемых ресурсов. Основными недостатками в осуществлении поставленных целей являлись: территориальная разбросанность населенных пунктов; труднодоступность возобновляемых источников энергии; высокая удельная стоимость обеспечения; отсутствие доступа к средствам финансирования. [1]

Благодаря повышению урбанизации спрос на энергию как в мире, так и в Российской Федерации ежегодно возрастает на 2%. В жилищном плане она расходуется на отопление, освещение, приготовление пищи, использование бытовых приборов.

Неоднородное развитие регионов приводит к неравномерному распределению энергоресурсов. Прогноз спроса энергии в домашнем хозяйстве на 2040 г. составляет 15%, что выше на 1% имеющихся на данный момент показателей. [3]

Принципы устойчивой энергетики базируются на: снижении потребления электричества путем улучшения энергоэффективности бытовых приборов и своевременного выключения освещения; уменьшения затрат на энергопотребление с помощью принятия мер по снижению энергопотерь в виде внедрения энергоэффективных окон, утепленных стен, теплоизолированных крыш и вентиляций с рекуперативным эффектом; применение возобновляемых источников энергии благодаря использованию биомассы (соломы, мискантуса) и специализированных печей для их сжигания, солнечной энергии в виде установки солнечных коллекторов и тепловых или фотоэлектрических панелей, ветряной энергии для перекачки и накопления воды.

Для снижения энергопотребления необходимо проанализировать, где происходят наибольшие потери. Так, наиболее большое потребление электричества в домашних хозяйствах зафиксировано у холодильных устройств и осветительных приборов, суммарно составляя 45% от общего количества. Тепловые потери здания в большей степени происходят через плохо изолированные стены, далее – через крышу, окна и двери.

Внедрение возобновляемых источников энергии способно повысить устойчивость энергетики и создать новые рабочие места в экономике населенного пункта. Для жителей сельских местностей использование биомассы на отопление является неотъемлемой частью энергетической системы, однако, при сжигании в обычных печах, древесное или растительное сырье теряет в эффективности более 60% своего потенциала. При использовании высокопроизводительных котлов, процесс энергопотребления перестает сопровождаться преждевременной выработкой лесов, а КПД установки возрастает вдвое. Солнечная энергия может применяться для оснащения населения горячим водоснабжением в качестве использования в местах общественного пользования, малых производствах и различных фермерских нужд. Солнечные панели и ветряки для воспроизведения электричества способны перекачивать воду как для снабжения водой населения при ограниченности доступа к сети, так и для животноводческих хозяйств или систем орошения.

Эффективное использование воды способно уменьшить возникновение протечек и ресурсопотерь. В домашних хозяйствах наиболее большими расходами являются потребление воды на личную гигиену и стирку, суммарно составляя 65% от общего числа. Примечательно, что расход воды на сельское хозяйство обозначен 5%. Применение сбора дождевой воды и капельного орошения способствуют уменьшению расхода водных ресурсов.

Ввиду глобализации устойчивого развития в домашних хозяйствах следует удовлетворять потребности населения в плане энергообеспечения

путем регулирования нормативно-правовых баз, создания отдельных органов по управлению проектами в данной области, наличием информативной базы об использовании энергетических услуг в населенных пунктах, учреждения программ по поддержке энергетических систем и предприятий, а также введения систем поощрения частных собственников на поддержание внедряемого энергообеспечения. [2]

Также, стоит разработать или улучшить программы по увеличению эффективности местных теплосетей при условии их наличия. Необходимо рассматривать нормативные документы в рамках строительства новых сетей для последовательного развития энергообеспечения населенных пунктов. Возможно широкое применение понятия «нулевой энергоцикл» при постройке новых зданий и сооружений.

Таким образом, устойчивое развитие энергетики в Российской Федерации способно наладить энергетическую структуру многих регионов страны. Ввиду решения экономической проблемы нехватки средств возможно улучшить энергопотребление с помощью изменения образа жизни населения, сокращения энергопотерь и применения эффективных технологий по регулированию спроса на энергетические услуги. Использование возобновляемых источников энергии поспособствует улучшению жилищных и хозяйственных условий населения, а также снизит давление экологических проблем на окружающую среду.

В совокупности, рассмотренные способы по уменьшению потерь электричества, тепла и воды помогут жителям сельских местностей не только с помощью практического применения, но и с учетом выгоды на долгосрочное использование ввиду быстрой окупаемости установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурганов Р. А. Решение институциональных проблем как фактор стабильного развития электроэнергетики / Р. А. Бурганов, Э. Р. Алтынбаева. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. - № 9-10. – С. 111-115.

2. Монастырская В. Н. Экономика новых источников энергии и технологий: развитие энергетического сектора России / В. Н. Монастырская, Н. А. Беляева. – Текст: непосредственный // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2014. – Т. 184. – С. 149-156.

3. Мазурова О. В, Перспективная оценка спроса на электроэнергию в РФ и регионах с учетом углубленной электрификации / О. В. Мазурова, Е. В. Гальперова, В. И. Локтионов. – Текст: электронный. // Экономика региона. – 2022. – № 2. –URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnaya-otsenka-sprosa-na-elektroenergiyu-v-rf-i-regionah-s-uchetom-uglublennoy-elektrifikatsii> (дата обращения: 10.11.2022).

СТАНДАРТЫ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Соловьева Е. Д., бакалавр, 1am.ekats@gmail.com

Пигилова Р. Н., преподаватель, rozapigilova@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В настоящей работе, основанной на анализе отечественных источников литературы и документации, предпринимается попытка представления основных стандартов и нормативно-правовой базы, изданных в сфере электроэнергетического обеспечения предприятий промышленного назначения, актуальность чего обусловлена отсутствием публикаций на соответствующую тему.

Ключевые слова: СТО, ГОСТ, нормативно-правовая база, энергообеспечение, промышленные предприятия.

Согласно данным Министерства энергетики РФ и АО «СО ЕЭС», электроэнергетическое обеспечение нашей страны состоит из семи объединенных и ряда изолированных энергосистем. Их функционирование в области передачи и распределения электрической энергии базируется на работе электросетевых компаний, таких как ПАО «Россети» и ПАО «ФСК ЕЭС». От качества работы данных компаний зависит эффективность, надежность и безопасность энергообеспечения промышленных предприятий различного масштаба и многих других типов хозяйствующих субъектов. Организация и управление этим энергообеспечением в нашей стране, равно как и во многих иных электрифицированных государствах, во многом реализуются в соответствии с федеральными государственными и организационными нормами, правилами, стандартами [2, 3], рассмотрению которых посвящается настоящая работа, актуальность написания которой обусловлена отсутствием в научных базах публикаций на соответствующую тему.

Нормативно-правовые документы в области организации и управления системой энергообеспечения промышленных предприятий следует разграничивать на ряд категорий, таких как законы федерального уровня, постановления Правительства РФ, письма и приказы Минэнерго, Минпромэнерго, Ростехнадзора и ФСТ России, кодексы РФ и различные правила.

Во-первых, в рамках настоящей работы следует перечислить ключевые федеральные законы, которые в своей совокупности могут быть сведены к трем основным документам, представленным на Рис. 1.

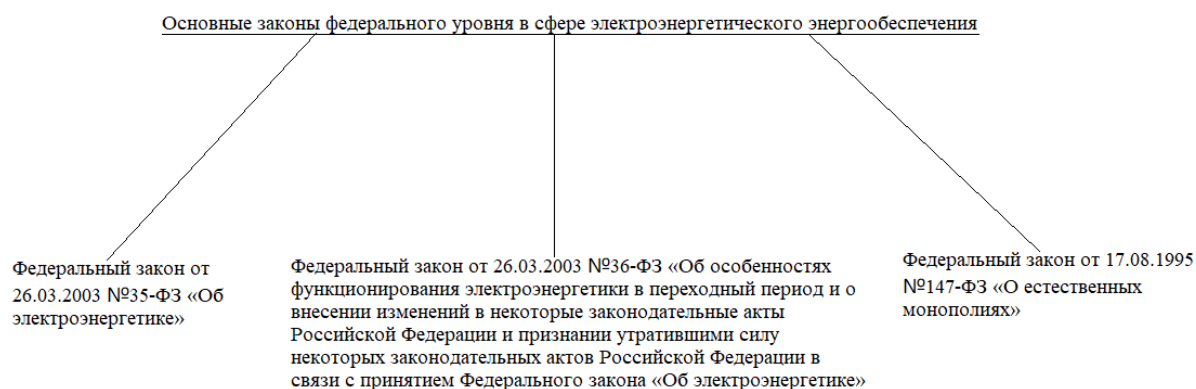


Рис. 1. Основные законы федерального уровня в сфере энергообеспечения промышленных предприятий

Ключевые Постановления Правительства РФ можно увидеть на Рис. 2. Важность их соблюдения в сфере энергообеспечения промышленных предприятий обусловлена тем, что последние со дня их подписания по своей юридической силе и сути являются актами управления общенормативного содержания, издаваемыми во исполнение вышеупомянутых федеральных законов [1].

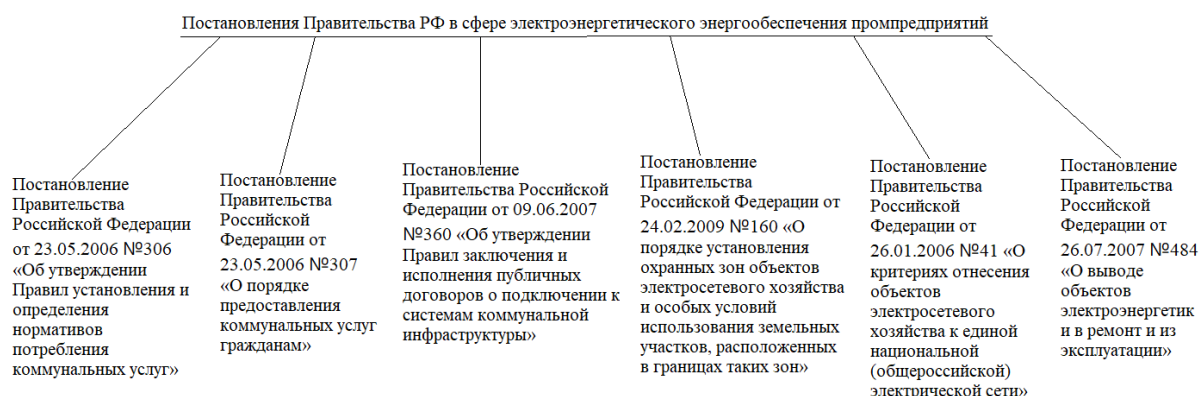


Рис. 2. Постановления Правительства РФ в сфере электроэнергетического обеспечения промышленных предприятий

Гражданский кодекс РФ также выступает основным правовым документом в рассматриваемом проблемном поле. В сфере электроэнергетического энергообеспечения предприятий важная роль отводится его второй части тридцатой главы «Энергоснабжение». Во избежание проблем при регулировании и организации энергетического обеспечения хозяйствующих промышленных субъектов издана девятая глава Кодекса РФ «Административные правонарушения в промышленности, строительстве и энергетике».

На Рис. 3 представлены основные приказы и письма, направленные на реализацию функций надлежащего электроэнергетического обеспечения.

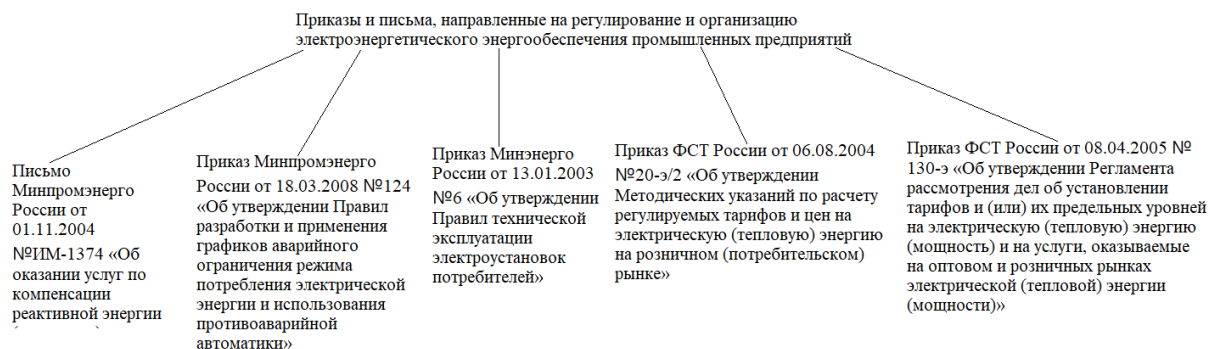


Рис. 3. Приказы и письма, направленные на регулирование и организацию функций энергетического обеспечения промышленных предприятий

Что касается рассмотрения государственных стандартов (ГОСТ) и стандартов организаций (СТО) в сфере электроэнергетического обеспечения хозяйствующих предприятий промышленного назначения, то они во многом совпадают со стандартами регулирования, управления энергообеспечением объектов общего назначения. Их количество довольно существенно и представлено на официальных сайтах федеральных сетевых компаний и в руководствующих документах самих предприятий. Важнейшими стандартами можно назвать: «СТО 56947007-29.240.01.271-2019. Методические указания по технико-экономическому обоснованию электросетевых объектов»; «ГОСТ 31607-2012. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение»; «СТО 34.01-24-002-2021. Организация технического обслуживания и ремонта объектов электросетевого хозяйства».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдабергенов С. Е. Правовой статус правительства РФ / С. Е. Алдабергенов. – Текст : непосредственный // Развитие современной юриспруденции: актуальные вопросы теории и практики. - 2022. - № 2. - С. 13-15.
2. Мельник А. Н. Проблемы внедрения международного стандарта в области энергетического менеджмента на российских предприятиях / А. Н. Мельник. – Текст : непосредственный // Инновационная экономика и менеджмент: Методы и технологии. - 2018. - № 1. - С. 72-75.
3. Чилдебаев Б. С. Обоснование рисков энергообеспечения производства и меры предотвращения рисков / Б. С. Чилдебаев. – Текст: непосредственный // Вестник науки и образования. - 2022. - № 5. - С. 7-11.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА ВВОДЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Сухачев И. С., канд. техн. наук, доцент, suhachevis@tyuiu.ru

Сидоров С. В., ст. преподаватель,

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Работа посвящена оценке величины перенапряжений в системе электропитания асинхронного электродвигателя и оценки эффективности их ограничения. Разработана высокочастотная схема замещения асинхронного двигателя. Получены осциллограммы напряжения и тока статорной обмотки асинхронного двигателя.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, питающий кабель, трансформатор, перенапряжение.

На технический ресурс изоляции асинхронных электродвигателей существенным образом влияют число и кратность внутренних и внешних перенапряжений [1, 5], приводящих к пробое изоляции, следовательно, для обеспечения его требуемых показателей надежности необходимо в статорных обмотках контролировать величины токов и напряжений и выполнять их ограничение на допустимом уровне.

Для анализа перенапряжений в системе электропитания асинхронного электродвигателя разработана его высокочастотная схема замещения, изображенная на рисунке 1.

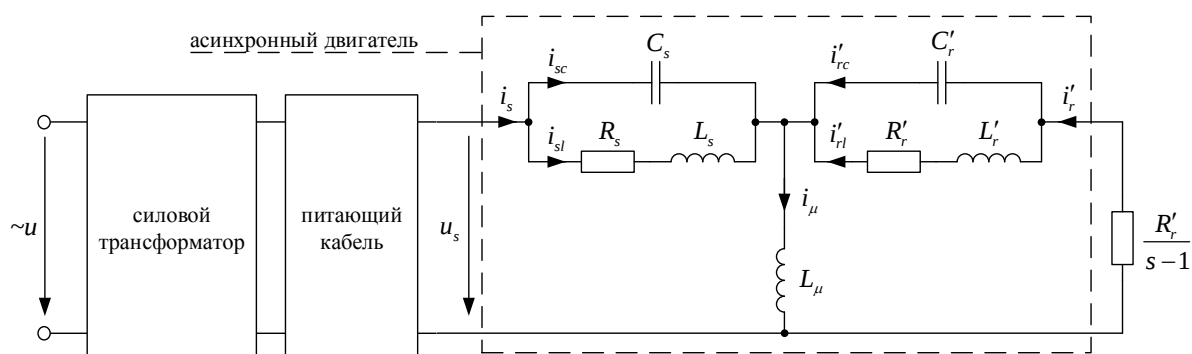


Рис. 1. Высокочастотная схема замещения асинхронного двигателя
в системе его электропитания

На рисунке 1 асинхронный электродвигатель описывается системой дифференциальных уравнений (1), параметры которой определяются в соответствии с методикой, изложенной в [4], которая основана на паспортных данных, что удобно на этапе проектирования, когда опытное опреде-

ление параметров не выполняется. Для учета изменения параметров системы в процессе эксплуатации, методика позволяет применить снятые с электрооборудования экспериментальные частотные характеристики [5-6].

$$\left\{ \begin{array}{l} u_{sw} = \frac{1}{C_s} \int i_{sc} dt = i_{sl} R_s + L_s \frac{di_{sl}}{dt} \\ u_{rw} = \frac{1}{C'_r} \int i'_{rc} dt = i'_{rl} R'_r + L'_r \frac{di'_{rl}}{dt} \\ u_s = u_{sw} + L_\mu \frac{di_\mu}{dt} \\ u_{rw} + L_\mu \frac{di_\mu}{dt} + i'_r \frac{R'_r}{s-1} = 0 \\ i_s = i_{sl} + i_{sc} = i_\mu - i'_r \\ i'_r = i'_{rl} + i'_{rc} \end{array} \right. \quad (1)$$

Силовой трансформатор и питающий кабель в системе электропитания асинхронного двигателя описываются классическими уравнениями, приведёнными в [2, 4]. В результате расчета схемы, приведенной на рисунке 1, построены осциллограммы напряжения и тока статорной обмотки асинхронного двигателя, изображенные на рисунке 2.

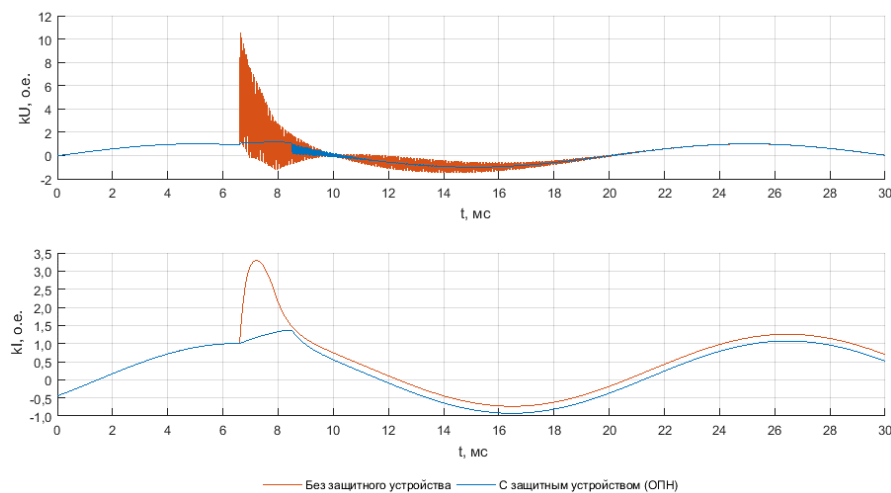


Рис. 2. Осциллограммы напряжения и тока статорной обмотки асинхронного двигателя

Согласно осциллограмме, применение защитного устройства (ОПН) приводит к снижению кратности импульсного перенапряжения с 10,5 до 1,2 номинального значения напряжения питания асинхронного электродвигателя, что значительно ниже максимально допустимой величины, ука-

занной в [3, 5, 6]. Во избежание ложных срабатываний, современные цифровые системы релейной защиты и автоматики отстраивают нечувствительными к кратковременным перенапряжениям, что приводит к значительному расходу ресурса изоляции электрооборудования.

Таким образом, разработана высокочастотная схема замещения асинхронного электродвигателя, которая позволила исследовать влияние перенапряжений с широким спектром частот в схеме его системе электропитания и уточнить параметры выбора защитных устройств (ОПН). Получено, что перенапряжения, вызывают 10-12 кратные перенапряжения в обмотках асинхронного электродвигателя; временные функции тока и напряжения применяются при оценке расхода ресурса его изоляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 1516.3-96. Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 7 апреля 1998 г. № 110 : введен впервые : дата введения 1999-01-01 / разработан Техническим комитетом по стандартизации ТК 37 "Электрооборудование для передачи и распределения электроэнергии". – Москва : Госстандарт, 1998. – 49 с. – Текст : непосредственный.

2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., исправ. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2016. – 701 с. – Текст : непосредственный.

3. Качесов В. Е. Перенапряжения и их ограничение при отключении заторможенных электродвигателей вакуумными выключателями / В. Е. Качесов. – Текст : непосредственный // Электричество. – 2008. – № 3. – С. 15–26.

4. Копылов И. П. Электрические машины в 2 т. Том 2 : учебник для вузов / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 407 с. – Текст : непосредственный.

5. Сухачев И. С. Импульсные перенапряжения в системах защиты электротехнических комплексов / И. С. Сухачев, С. В. Воробьева. – Текст : непосредственный // Известия вузов «Нефть и газ». – 2014. – № 2. – С. 102–106.

6. Пат. 2655948 Российская Федерация, МПК G01R 31/00. Устройство регистрации, идентификации перенапряжений и оценки остаточного ресурса изоляции погружных электродвигателей : № 2017109534 : заявл. 21.03.2017 : опубл. 30.05.2018 / Сушков В. В., Сухачев И. С. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский индустриальный университет» (ТИУ). - Текст : непосредственный.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СПОРЫШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Сычев И. А., обучающийся, igor.sychev89@mail.ru

г. Ноябрьск, Ноябрьский колледж профессиональных и информационных технологий

Аннотация. В работе рассмотрена система электроснабжения Спорышевского месторождения. Вопрос об устройстве данной системы является актуальным для молодых специалистов на предприятии, но отсутствие информации в источниках делает затруднительным процесс изучения построения системы электроснабжения Спорышевского м/р. Целью работы стояло формирование общей картины снабжения на объекте. Методами исследования являются анализ, синтез. Результатом работы стало формирование цепочки электроснабжения предприятия с составлением схем электрической сети и электроподстанции.

Ключевые слова: система электроснабжения, электрические подстанции, линии электропередач, электрическая схема.

Источником электроэнергии на Спорышевском месторождении является Сургутская ГРЭС, имеющая вырабатываемую мощность 3333МВт и Нижневартовская ГРЭС с вырабатываемой мощностью 2031МВт. От ОРУ-500/220кВ “Сургутская ГРЭС” до ПС-500/220кВ “Холмогорская” проложена воздушная линия электропередач ВЛ 500кВ. ПС “Холмогорская” непосредственно связана воздушной линией электропередач ВЛ 220кВ с ПС-220/110кВ “Янга-Яха”. Также с данной подстанцией через ПС “Белозерная” связана Нижневартовская ГРЭС линией электропередач 220кВ. В числе промышленных объектов “Янга-Яха” региональные предприятия, такие как “Газпромнефть”, которая и является недропользователем Спорышевского месторождения.

Внутренняя система электроснабжения нефтегазовой компании включает главные понижающие электроподстанции, электроэнергию, поставляемую энергосбытовой организацией, и распределительные электрические сети, проложенные на территории предприятия [1]. Главными понижающими электроподстанциями на месторождении являются две подстанции: ПС-110/35/6кВ “Спорышевская” и ПС-110/35/6кВ “Хрустальная”, где напряжение 6кВ используется для питания электроприемников, расположенных в близлежащих промышленных объектах. Выбор класса напряжения 6кВ обусловлен наличием высоковольтных синхронных электродвигателей СДН, которые являются электроприводом насосов подпорных вертикальных НПВ, отвечающих за перекачку нефтепродуктов. Напряжение 35кВ используется для распределения электрической энергии по территории месторождения с размещением понижающих подстанций ПС 35/6кВ в центрах электрических нагрузок [2]. Схема электрической сети 35кВ Спорышевского м/р приведена на рис. 1.

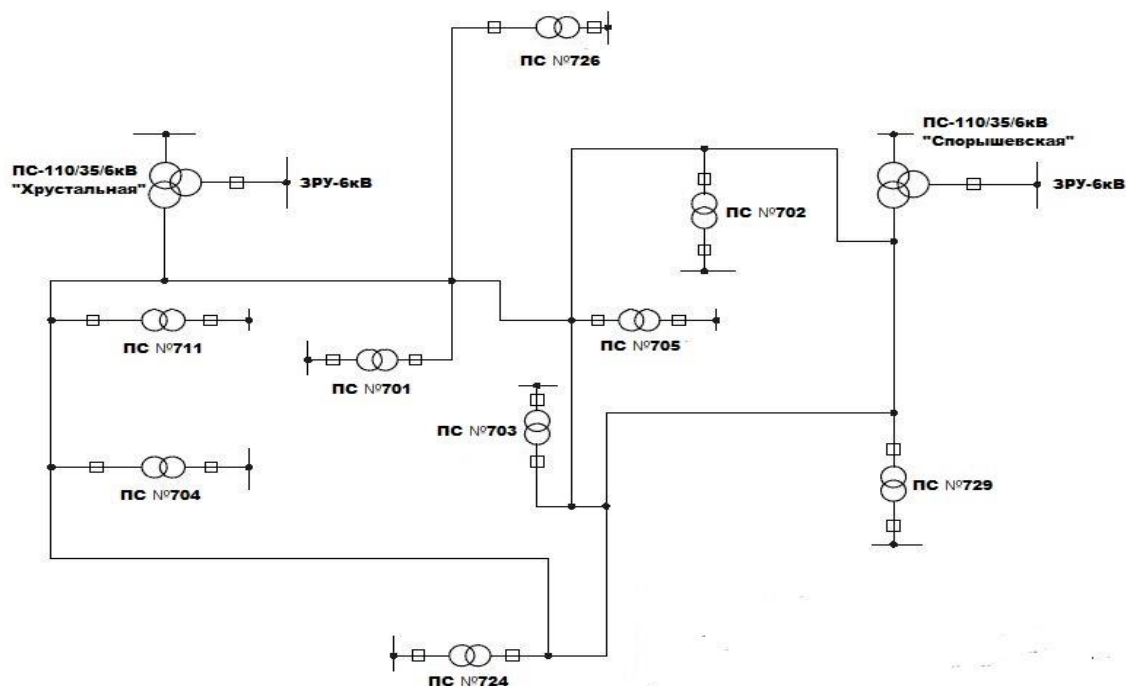


Рис. 1. Схема электрической сети 35кВ Спорышевского месторождения

Схема приближенно учитывает действительное пространственное положение подстанций. На всех кустовых площадках размещены комплектные трансформаторные подстанции наружной установки (КТПНУ) 6/0,4кВ, питающие электропотребители. Руководствуясь правилами устройства электроустановок (ПУЭ) все электроприемники подразделяются на 3 категории. Электроприемники нефтяных месторождений в районах Крайнего Севера, в том числе и Спорышевского м/р, относятся к I и II категориям. К ним относятся насосные станции и компрессорные станции и др. [3]. Соответственно, питание подстанции осуществляется по двум независимым фидерам. Аппаратом на вводе секции 6кВ выступает выключатель нагрузки ВНПБ-10/630. Преобразование электрического напряжения осуществляется в двух трансформаторах типа ТМГ-630кВА. Аппаратом на вводе секции 0,4кВ выступает автоматический выключатель ВА55-43 номиналом 1600А. Секционный выключатель имеет номинал 1000А и тип ВА55-41. На отходящих линиях к потребителям также располагаются автоматические выключатели номиналом 100А типа ВА57-35. Электрическая схема трансформаторной подстанции, используемой на кустах скважин, Спорышевского месторождения приведена на рис. 2.

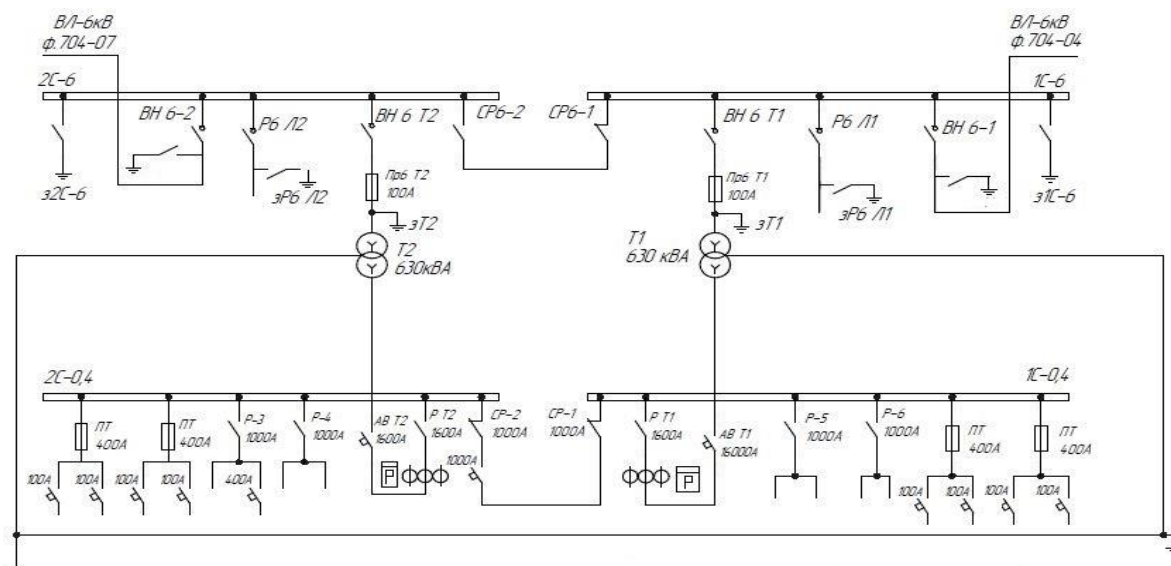


Рис. 2. Электрическая схема электроподстанции

Результатом работы стало формирование устройства системы электроснабжения Спорышевского м/р с созданием схем электрической сети 35кВ и типовой КТПНУ, расположенной на кустовой площадке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цылёв П. Н. Электропривод и электрооборудование технологических объектов нефтегазовой отрасли : учебное пособие / П. Н. Цылёв. – Пермь : Издательство ПНИПУ, 2015. – 192 с. – Текст : непосредственный.
2. Фрайштетер В. П. Напряжение 20кВ в схемах электроснабжения нефтяных месторождений / В. П. Фрайштетер. – Текст : электронный // Нефтяное хозяйство. – 2021. – № 7. – URL : <https://www.gtng.ru/upload/iblock/a1c/rlerconcz23tynp7xx4w61awxfw8fhm4/Напряжение%2020%20кВ%20в%20схемах%20электроснабжения%20нефтяных%20месторождений.pdf> (дата обращения: 04.11.2022)
3. Абрамович Б. Н. Электроснабжение нефтегазовых предприятий : учебное пособие / Б. Н. Абрамович, Ю. А. Сычев, Д. А. Устинов. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский гос. горный ин-т им. Г. В Плеханова, 2008. – 81 с. – Текст : непосредственный.

ОЦЕНКА ПОВТОРЯЕМОСТИ СКОРОСТИ ВЕТРА ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВЫ ВЕТРОГЕНЕРАЦИИ В ЖИГАНСКОМ РАЙОНЕ

Тимофеев М. А., магистрант, maxim.timofeew1825@gmail.com
г. Якутск, Северо-Восточный федеральный университет
им. М.К. Аммосова

Аннотация. Постоянный рост стоимости топлива, крайне негативное влияние дизельного топлива на окружающую среду, а также проблемы с доставкой горючего на территории Крайнего Севера, способствуют поиска альтернативных источников энергии. Энергия ветра является единственным источником альтернативной энергии, который доступен на территориях Крайнего Севера в течении всего года. Поэтому в этой работе исследованы данные средней скорости ветра на станции Жиганск. Построены гистограммы распределения повторяемости скорости ветра. Исследуемый период с 2018-го по 2020-й. А также произведён подсчёт сроков, когда наблюдалось отсутствие ветра. Это позволит сделать оценку эффективности ветрогенерации.

Ключевые слова: ветрогенерация, Жиганск, повторяемость скорости ветра

Жиганск ($66^{\circ}46'$ с. ш. $123^{\circ}16'$ в. д.) входит в зону децентрализованного электроснабжения, поэтому вопрос об альтернативных источниках энергии является актуальным. Общая установленная электрическая мощность 8775 кВт [3]. В Республике Саха (Якутия) использование энергии ветра только начинает набирать обороты [2].



Рис. 1. Гистограмма повторяемости ветра за 2018 г.

Скорость ветра измеряется на метеостанции в Жиганске, код ВМО 24343. Каждые три часа, в стандартные сроки - 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 по Гринвичу. В качестве источника данных использованы средние скоро-

сти ветра на высоте 10 метров. Осреднение производилось за 10 минут до синоптических сроков [4].

В 2018-ом году наибольшее число повторяемости было на скорости 2 м/с 827 случаев. Число сроков, когда отмечался штиль 342 случая. Но для эффективной работы ветрогенераторов необходима средняя скорость больше 3 м/с [1]. Всего в данном году измерено 2911 синоптических срока. И из них, в 32 % случаях, средняя скорость ветра была больше 2 м/с. На часть гистограммы, где скорость больше либо равна 3 м/с приходится 941 случай.



Рис. 2. Гистограмма повторяемости ветра за 2019 г.

А в 2019-ом, также, на скорость 2 м/с приходится 812 случаев. Отсутствие ветра наблюдалось в 320 случаях. Всего было 2913 измерений в синоптические сроки. Доля гистограммы, где средняя скорость ветра на высоте 10 метров больше либо равно 3 м/с составляет 33 %.

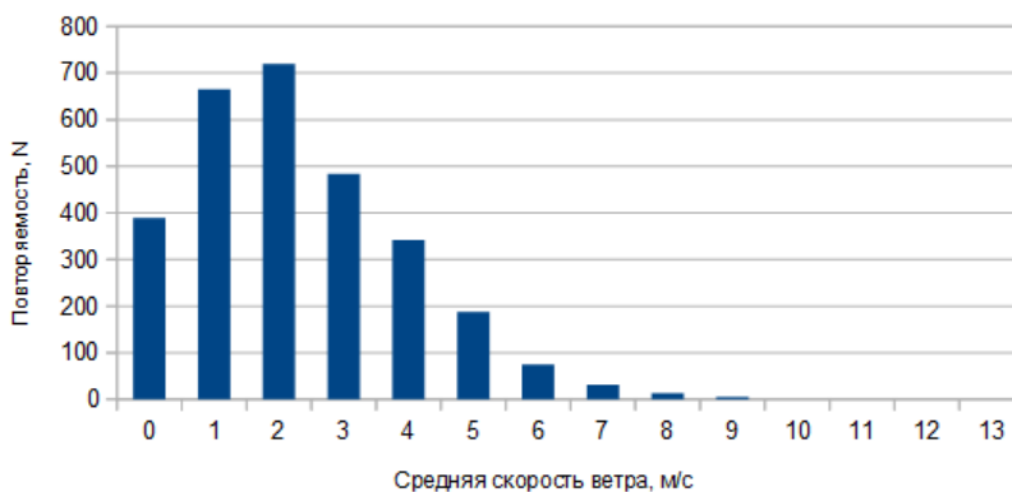


Рис. 3. Гистограмма повторяемости ветра за 2020 г.

В 2020-ом, наибольшее число повторяемости, так же отмечено на средней скорости 2 м/с. 719 случаев. Отсутствие ветра наблюдалось в 389 случаях. За данный год было проведено 2923 измерений в сроки. На часть гистограммы, где средняя скорость больше либо равна 3 м/с приходится 1138 случаев, что составляет 38 %.

За исследуемый период, начиная от 2018-го по 2020-й, в 34,3 % наблюдались средние скорости больше либо равно 3 м/с. Иными словами, в трети случаях, скорость ветра была достаточной, чтобы питать ветрогенераторы. Разумеется, только в связке с традиционными источниками электроэнергии. Таким образом, использование ветровых установок повысит экологическую безопасность в Жиганском районе, так как позволит уменьшить количество сжигаемого топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколовский А. Ю. Современные ветроэнергетические установки / А. Ю. Соколовский, Ю. Б. Соколовский. – Текст : непосредственный // Электротехника. - 2015. - № 4. - С. 27-38.
2. Парников Н. М. Большие проблемы малой энергетики в Республике Саха (Якутия) / Н. М. Парников. – Текст : непосредственный // Малая энергетика. - 2004. - № 1. – С. 59-68.
3. ООО Сахаэнерго : Энергетическая компания : сайт. – URL : <https://www.sakhaenergo.ru/branches/6> (дата обращения: 10.11.2022). – Текст : электронный.
4. ООО Расписание погоды : Информационный портал : сайт. – URL : https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Жиганске (дата обращения: 05.11.2022). – Текст : электронный.

УДК 551.508.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕДУЩИХ СПОСОБОВ ВЕТРОМОНИТОРИНГА С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ВЗАИМОЗАМЕНЕНИЯ

Умурзаков А. К., бакалавр, azamatumurzakov552@gmail.com
г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной работе рассмотрены основные способы проведения предварительной оценки ветрового потенциала территории, на которой планируется установка ветроэнергетической установки. Затронуты положительные стороны и недостатки, оборудования (метеомачты и устанавливаемые на ней приборы, лидары), используемого при проведении ветромониторинга. Сделан вывод о степени взаимозаменяемости рассмотренных методов на практике.

Ключевые слова: анемометры, ветромониторинг, лидары, ветроэнергетические установки, метеомачта.

Ветроэнергетика – это одно из перспективных направлений низкоуглеродной энергетики нашей страны. Согласно Энергетической стратегии России на период до 2035 года, развитие ветроэнергетики, а именно установка и эксплуатация ветроэнергетических установок (ВЭУ), является одним из важных направлений.

Строительство и введение в эксплуатацию ВЭУ требует проведения предварительных ветроизмерительных работ. Это необходимо для оценки ветропотенциала территории, на которой планируется установка ВЭУ, и рентабельности самого проекта.

Ветромониторинг является важнейшим этапом проекта по введению в эксплуатацию ВЭУ. Подбор ветрогенератора по техническим характеристикам на прямую зависит от результатов ветромониторинга. Чтобы выбор ветрогенератора был экономически оправдан, погрешность измерений должна быть минимальна.

Многочислен проведен сравнительный анализ двух видов измерительных приборов, которые показывают себя наиболее эффективными.

Первый вид измерительных приборов – метеомачты, которые оборудованы несколькими приборами измерения скорости и направления ветра, которые расположены на разных высотах. Современные технологии позволяют оснащать мачты только ультразвуковыми анемометрами, так как в них уже встроены термометры, по показаниям которых корректируются вычисления скорости ветра. Принцип работы ультразвукового анемометра основан на изменении скорости звука при прохождении между преобразователями. Это происходит из-за перемещения воздушных масс. По полученным данным вычисляются две или три компоненты скорости движения воздуха.

Основными плюсами таких приборов являются: высокая точность измерения, возможность измерения других показателей на заданных высотах (давление, влажность, температура). К основным минусам относятся: трудности при монтаже ветроизмерительного комплекса (ВИК) на территории со сложным рельефом, использование метода экстраполяции при невозможности установки прибора на заданной высоте.

Второй вид измерительных приборов – установки дистанционного зондирования – лидары. Принцип работы данного метода основан на отражении лазерного сигнала от частиц аэрозоля, увлекаемых ветровым потоком. Это вызывает изменение частоты отраженного сигнала (доплеровский сдвиг). Разность частот зондирующего излучения и сигнала, регистрируемого при обратном рассеянии равняется радиальной составляющей скорости ветра [1,2].

Основными плюсами использования данного метода является: компактность и мобильность приборов, дальность измерения от 3 до 300 м, используется безопасная для человеческого глаза длина волны 1,56 мик-

рон. К основным минусам относится сравнительно не большая точность измерения (максимально допустимая погрешность за двухминутное осреднение не более 10 м/с и не более 10^0) [3].

Сопоставляя изученные данные о приборах, используемых при ветромониторинге, могу сделать вывод: степень возможности взаимозаменяемости рассмотренных методов высока, но, учитывая, что главным приоритетом является точность измерения, для ветромониторинга целесообразней будет использование метеомачт. На практике возможность выбора метода ветромониторинга позволит подобрать наиболее подходящий метод для конкретной территории, снизить затраты средств, упростить процесс обслуживания ВИК, а также уменьшить технические риски, связанные с установкой ВЭУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков М. С. Разработка алгоритма определения параметров ветра ультразвуковым методом / М. С. Ермаков. – Текст : непосредственный // Автоматизация процессов управления. – 2017. – № 3 (49). – С. 56-61.

2. Тихомиров А. А. Ультразвуковые анемометры и термометры для измерения пульсаций скорости и температуры воздушных потоков. Обзор / А. А. Тихомиров. – Текст : непосредственный // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 23. – № 7. – С. 585-600.

3. Когерентные доплеровские лидары для мониторинга ветровой обстановки / М. Андреев, Д. Васильев, М. Пенкин [и др.]. – Текст : непосредственный // Фотоника. – 2014. – № 6 (48). – С. 20-29.

УДК 621.31 : 004.031.4

КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ МАЙНИНГА КАК МЕРА УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Фарапонов В. О., магистрант, farapov29@gmail.com

г. Екатеринбург, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Аннотация. В данной статье рассмотрено влияние производства и эксплуатации криптовалюты на энергопотребление. Приведены статистические данные по росту энергопотребления на производство криптовалют. Описаны экологические последствия повышения энергопотребления и производства, в частности. Рассмотрены возможные варианты по урегулированию производства и эксплуатации криптовалют.

Ключевые слова: майнинг, криптовалюты, электропотребление, экология.

В настоящее время стоимость криптовалют умеренно снизилась, однако рост популярности технологии майнинга и повторное увеличение её экономической выгоды вопреки всем прогнозам может произойти в любое время. Тем не менее, до сих пор к данной отрасли производства многие относятся без должной степени серьезности и не рассматривают вопросы о её безопасности для экологии. В современном обществе организация производства криптовалюты доступна любому заинтересованному лицу на территории Российской Федерации. Данный факт влечет за собой предсказуемый рост энергопотребления по мере увеличения доли рынка, поднимая проблему контроля технологии майнинга.

В качестве примера следует рассматривать энергопотребление в рамках наиболее известной криптовалюты – биткоина. По данным исследования Digiconomist [1], среднее энергопотребление на одну биткоин-транзакцию составляет около 1183,58 кВтч, в то время как среднее ежемесячное энергопотребление семьи из двух человек на территории Российской Федерации по статистическим данным примерно 130 кВтч – таким образом, одна транзакция равняется месячному использованию электроэнергии девяти семей, что является довольно серьезным показателем. Другой пример – столько же электроэнергии необходимо для 1 463 133 операций по карте VISA.

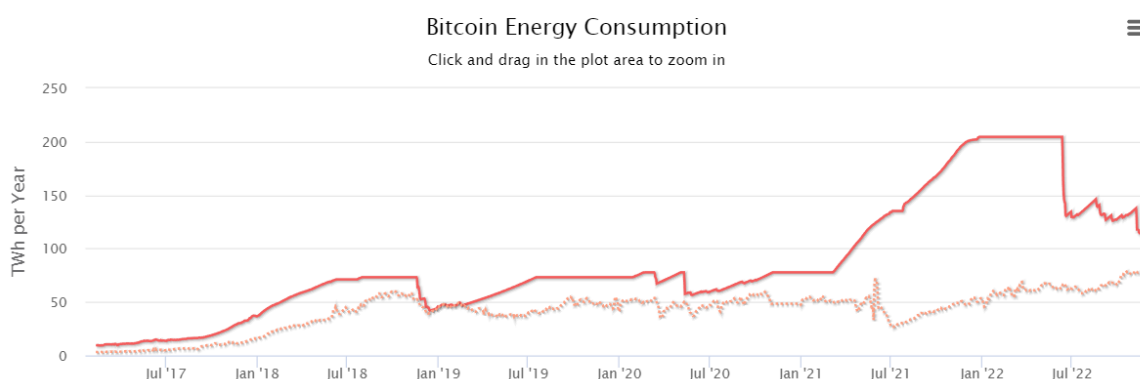


Рис. 1. Рост потребляемой электроэнергии при майнинге Биткоина

Помимо этого, по данным Intelion Data Systems, объем необходимой энергии для производства и эксплуатации криптовалют на территории Российской Федерации увеличился в двадцать раз за прошедшие пять лет – ежегодный прирост составлял не менее 150% ежегодно. По подсчетам экспертов, один только майнинг Биткоина в 2021 потреблял порядка 1,25 млн-кВт-ч, не говоря уже о других криптовалютах, общий объем которых мог составлять дополнительно 40-50% от упомянутого выше значения. Оценки многих государственных институтов также не были оптимистичными – доля потребления электроэнергии, потребляемой технологией майнинга,

могла составить около 2% от всего электропотребления Российской Федерации – столько же необходимо для функционирования всей области сельского хозяйства страны.

	2017	2018	2019	2020	2021
Доля РФ от мощности мировой сети ВТС, % (на конец периода)	3,00%	5,00%	6,23%	7,16%	11,23%
Мощность сети ВТС в РФ, ЕН/s (на конец периода)	0,4200	2,1500	5,9400	9,7800	19,9894
Объем потребления электроэнергии для ВТС майнинга в РФ, МВт	64,05	215,01	481,73	727,63	1 245,34
Прирост мощности по отношению к прошлому периоду, %	-	336%	224%	151%	171%

Рис. 2. Динамика объемов потребления электроэнергии для майнинга Биткоина в Российской Федерации

Производство необходимой для жизнедеятельности электроэнергии происходит с помощью организации работы станций, добывающих энергию из ископаемого топлива, атомных электростанций, гидроэлектростанций (за исключением гидроаккумулирующих установок), геотермальных систем, солнечных панелей, биотоплива, и ветра, помимо этого электроэнергия может быть произведена как на электростанциях, работающих только на электричестве, так и на комбинированных теплоэлектростанциях.

При этом в зависимости от характера и особенностей воздействия различают четыре вида негативного воздействия электростанций на окружающую среду [2]:

- Загрязнение воздуха – угольная электростанция выбрасывает в воздух несколько загрязняющих веществ. Данные выбросы могут быть причиной кислотных дождей, а также возбудителями астмы и респираторных заболеваний;

- Загрязнение воды – на угольной электростанции вода используется для промывки угля, циркуляции в топке котла для производства пара и охлаждения оборудования. Пыль от очищенной от угля воды загрязняет грунтовые воды. Горячая вода, попадая в водоемы без охлаждения, вызывает повышение температуры и влияет на водную флору и фауну;

- Деградация земель – неочищенные загрязнители воздуха и воды от угольных электростанций воздействуют также на флору и фауну прилегающих территорий, делая их непригодными для жизни или жизнедеятельности;

Согласно сводке, приведенной Системным оператором Единой энергетической системы в 2022 году [3], на территории Российской Федерации задействовано 911 электростанций, две трети мощности и производимой электроэнергии которых приходится на ТЭС, ежегодное количество выбросов загрязняющих веществ которых доходит до 800 млн. тонн, и оказывающих наиболее негативное влияние на экологическую обстановку.



Рис. 3. Структуры установленной мощности и выработки электроэнергии ЕЭС Российской Федерации

В целях стабилизации обстановки вокруг данной проблемы необходим решительный комплекс мер, направленный на устранение или уменьшение негативных последствий от производства и эксплуатации криптовалюты. Хорошим решением будет увеличение налогов от продажи криптовалют, а также ввод акцизного налога на устройства, предназначенные для работы с криптовалютой – это позволит снизить экономическую выгоду от производства криптовалюты внутри страны и уменьшить энергозатраты в данной отрасли. Альтернативным решением является увеличение процента мощностей и вырабатываемой энергии, приходящимися на экологически чистые электростанции вследствие увеличения их количества.

Однако, в рамках тонкого подхода к проблеме технологии майнинга, стоит обратить пристальное внимание на принятое еще в 2021 году компанией Energy Web, Институтом Рокки-Маунтин (RMI) и Альянсом инновационного регулирования (AIR) Соглашение о криптовалюте – Crypto Climate Accord [4] – инициативы частного сектора, направленной на то, чтобы сделать криптовалютную индустрию на 100% возобновляемой. Вдохновленное Парижским соглашением по климату, Соглашение объединяет индустрию крипто- и финансовых технологий для построения устойчивого будущего глобальных финансов, основой которого является выполнение трех основных задач:

- Обеспечить все мировые криптовалюты 100% возобновляемыми источниками энергии к Конференции ООН 2025 года;
- Разработать стандарт учета с открытым исходным кодом для измерения выбросов криптовалютной индустрии;
- Достичь нулевых выбросов для всей криптоиндустрии, включая все бизнес-операции за пределами блокчейн и устранение исторических выбросов к 2040 году.

Таким образом, совместные усилия по контролю за технологией майнинга могут привести к существенному увеличению энергосбережения и улучшению экологической безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bitcoin Energy Consumption Index – Digiconomist : site. – URL : <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> (date of the application 15.11.2022). - Text : electronic.
2. Impacts of Power Plants | Climate Connection : site. – URL : <https://climateconnection.org.in/content/impacts-power-plants> (date of the application 15.11.2022). - Text : electronic.
3. Единая энергетическая система России. - Текст : электронный // АО «Системный оператор Единой энергетической системы» : официальный сайт. - 2022. - URL : – <https://www.so-ups.ru/functioning/ees/ups2022/> (дата обращения : 12.11.2022).
4. Crypto Climate Accord Launches to Decarbonize Cryptocurrency Industry : site. – URL : <https://www.southpole.com/fr/news/crypto-climate-accord-launches-to-decarbonize-cryptocurrency-industry> (date of the application 15.11.2022). - Text : electronic.

УДК 621.315.05

ПЕТЛЕВОЙ МЕТОД ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 10 КВ

Филимонов С. С., бакалавр, serfv43@gmail.com

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной работе рассмотрен метод поиска места повреждения кабельной линии для высокоомных дефектов. Выявлены его достоинства и недостатки, определена последовательность совокупного применения рассмотренного метода.

Ключевые слова: кабельные линии, дефекты, локализация, переходное сопротивление.

Для выявления мест повреждений при высокоомных дефектах на кабельных линиях (КЛ) 10 кВ применим петлевой метод. Это вызвано тем, что импульсный метод не позволяет локализовать неисправность в связи с большим переходным сопротивлением в месте повреждения.

Его применяют для локализации зоны дефекта при одно- или двухфазных замыканиях и при наличии одной неповрежденной жилы или параллельно проложенного целого кабеля. Методы определения мест повреждения кабельных линий наиболее полезны при диагностике в селитебных зонах, где полноценные аварийно-восстановительные работы затруднены. Сейчас метод петли используют, если нет возможности применить импульсный метод из-за отсутствия приборов или большого переходного сопротивления в дефекте [1].

Основан метод на принципе измерительного моста постоянного тока, для того чтобы определить отношение сопротивлений от места замеров до замыкания и обратной петли, см. Рис.1.

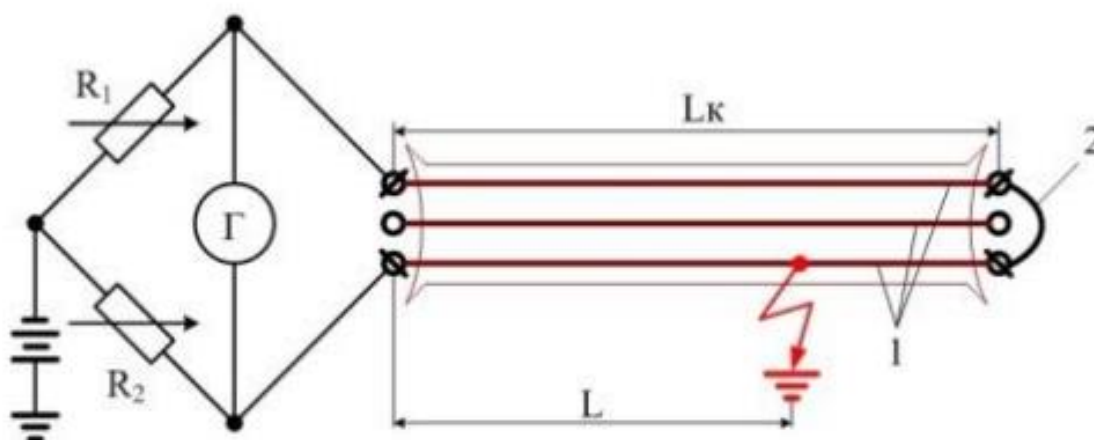


Рис. 1. Схема принципиальная метода петли: 1 – фазы испытуемого кабеля; 2 – петля (закоротка)

Повреждённую и целую жилы соединяют перемычкой (закорачивают) между собой в форме петли. Именно такое подключение образует четырёхплечевой мост, состоящий из регулируемых сопротивлений – R_1 и R_2 . Для настройки сопротивления используются измерительные мосты – самый распространённый кабельный мост – Р-333 [2-3].

Важными достоинствами петлевого метода являются: большой предел переходного сопротивления – 5 кОм; не всегда нужно прожигать изоляцию для снижения сопротивления в силу высокого предела измерений.

Для успешного проведения локализации места повреждения необходимо учитывать несколько аспектов: вторая жила должна быть неповреждённой; соединительные муфты нужно изолировать от заземления; желательно знать точную или ориентировочную длину и количество трасс в линии, иначе погрешность будет внушительная; точность измерения зависит от соотношения напряжения питания моста к переходному сопротивлению изоляции в месте повреждения, напряжение питания моста должно составлять 100-120, 25-35 и 4-6 В при значениях переходных сопротивлений соответственно 5, 1 и 0,1 кОм; производить измерение нужно как минимум дважды, при этом сменив местами концы проводов, подключаемых к кабельной линии.

Если сумма полученных значений расстояний до места повреждения значительно отличается от двойной длины кабельной линии, то измерение сделано неправильно и его повторяют, проверив надежность контактов в соединениях схемы.

Подводя итоги, можно сказать, что петлевой метод – один из самых первых, надёжных и проверенных временем. Но, к сожалению, в силу своей трудоёмкости, зависимости от соединения, теряет популярность среди эксплуатационников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонов С. А. Дистанционные методы определения мест повреждения кабелей / С. А. Леонов. – Текст : непосредственный // Главный энергетик. – 2012. – № 2. – С. 31-35.

2. Расторгуев В. М. Мониторинг и диагностика силовых кабелей / В. М. Расторгуев, М. В. Расторгуев. – Текст : непосредственный // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2019. – № 31(36). – С. 43-51.

3. Котеленко С. В. Методы определения мест повреждения кабельных линий / С. В. Котеленко. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 12. – С. 81-84.

УДК 621.365.52.029.45

УСТАНОВКА ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ МЕТАЛЛОВ

Фризен В. Э., д-р техн. наук, зав. кафедрой, vefrizen@urfu.ru

Лузгин В. И., канд. техн. наук, доцент, vil-26@e1.ru

Камаев Д. А., аспирант, kamaev_dima@mail.ru

г. Екатеринбург, Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Аннотация. В работе описаны проблемы классических установок для индукционной плавки металлов, приведено схемотехническое решение и алгоритм работы установки, позволяющее устранить недостатки установок стандартного серийного исполнения и обеспечить эффективное управление движением металла в технологическом процессе обработки и легирования сплавов. Предложенное решение позволяет повысить качество полученных сплавов, сократить время цикла плавки металла, тем самым снизить затраты электроэнергии промышленных предприятий.

Ключевые слова: индукционная плавка металлов, инвертор, индуктор.

Индукционная плавка металлов на средних частотах широко используется во многих отраслях промышленности. Применение индукционных тигельных печей (ИТП) позволяет получать точные сплавы [1].

В ИТП достигается значительное повышение эффективности плавки металлов и снижение расхода электроэнергии на тонну выплавляемого ме-

талла. Однако, несмотря на ряд преимуществ ИТП имеют определенные недостатки, такие как неуправляемое движение металла в цикле плавки и перемешивании расплава. При однофазном питании индуктора печи расплав циркулирует по двум тороидальным контурам. Двухконтурная циркуляция металла приводит к неоднородности химического состава расплава и к неравномерности распределения температуры в нем, так как между двумя контурами перемешивание металла практически отсутствует. Кроме того, силовое воздействие на металл приводит к образованию мениска на поверхности расплава [2]. Мениск же в свою очередь вызывает переохлаждение его поверхности, что приводит к необходимости использования защитного шлака в большом количестве.

Предлагаемое авторами решение [3] позволяет устранить отмеченные недостатки типовых серийных решений.

На рисунке 1 приведена схема установки индукционной плавки металлов. Индуктор печи разделен на три секции. Каждая секция шунтируется компенсирующим конденсатором, а инвертор снабжен вентилями, формирующий дополнительный мост, выход которого подключен к дополнительным выводам секций индуктора.

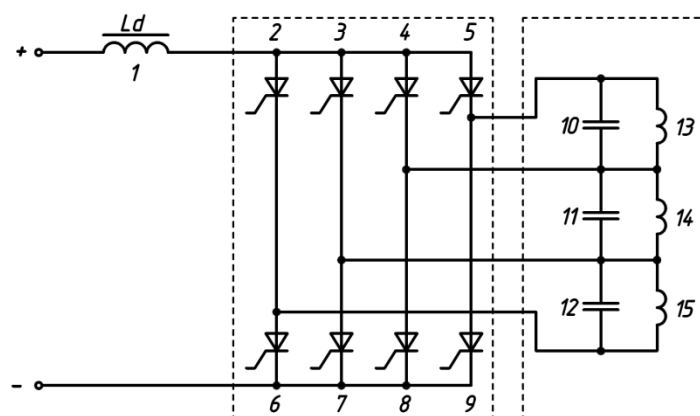


Рис. 1. Электрическая схема установки индукционной плавки металлов

Принцип работы установки. Группы вентиля 2 – 9 и 5 – 6 образуют вентильный мост, нагрузкой которого является индуктор печи, формирующий вместе с компенсирующими конденсаторами колебательные контуры 10 – 13, 11 – 14, 12 – 15. При открывании ключей 2 – 9 и 5 – 6 подключаются 3 последовательно соединенные секции индуктора. Начинается процесс нагрева и плавки металла.

После наполнения ванны печи жидким металлом для повышения эффективности перемешивания металла предлагается изменять режим электропитания секций индуктора так, чтобы значение величины тока в них периодически изменялась в определенной последовательности. Таким образом, нормальное электродинамическое давление, которое воздействует

на расплав металла, перемещается вдоль оси тигля, создавая тем самым бегущую волну давления с заданной скоростью и так же вызывая направленное движение жидкого металла.

1) В первом режиме работы включаются ключи инвертора 2 – 7 и 3 – 6, которые обеспечивают питанием колебательный контур 12 – 15. В нем создается наибольший ток и развивается наибольшее электромагнитное давление P_{n13} в нижней части тигля печи (рис. 2а). При этом в других секциях индуктора протекает ток взаимоиндукции, и создаются радиальные давления P_{n11} , P_{n12} значительно меньшие, чем в нижней части тигля, а также воздействуют осевые силы $P_{\tau12}$, $P_{\tau23}$.

2) Во втором режиме работы включаются ключи 2 – 8, 4 – 6 и выходной ток инвертора протекает уже по двум колебательным контурам 11 – 14, 12 – 15, соединенным последовательно. Таким образом, в нижней и средней части тигля печи создаются радиальные силы давления P_{n12} , P_{n13} (рис. 2б). В верхней секции индуктора протекает ток взаимоиндукции и создается относительно небольшое радиальное давление P_{n11} . В расплаве создаются наибольшие осевые силы $P_{\tau23}$ и относительно небольшие $P_{\tau12}$.

3) В третьем режиме работы включаются ключи 2 – 9, 5 – 6 и выходной ток инвертора протекает по колебательным контурам 10 – 13, 11 – 14, 12 – 15, что приводит к возбуждению примерно одинаковых токов в секциях индуктора. В результате чего создается одинаковое радиальное электромагнитное давление P_{n11} , P_{n12} , P_{n13} , а в расплаве появляются одинаковые осевые силы $P_{\tau12}$, $P_{\tau23}$ (рис. 2в).

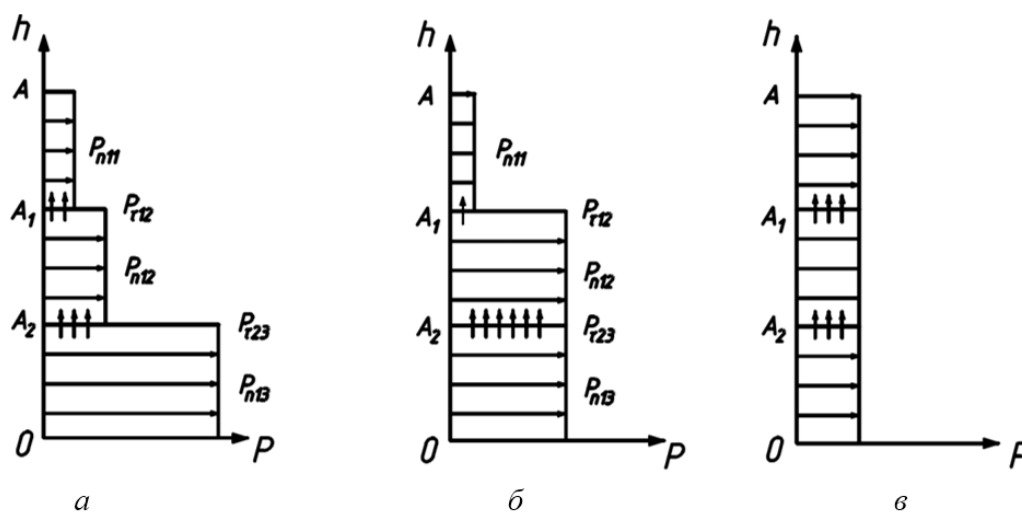


Рис. 2. а) Давление при питании контура 12-15;
б) Давление при питании контуров 11-14, 12-15;
в) Давление при питании контуров 10-13, 11-14, 12-15

Таким образом, фронт волны радиального давления при работе инвертора по предложенному алгоритму движется вдоль оси ИТП снизу-

вверх со скоростью, задаваемой частотой переключения режимов работы инвертора. При этом осевые силы в межсекционных зонах действуют в том же направлении, что способствует созданию одноконтурной циркуляции жидкого металла и активному его перемешиванию по всему рабочему объему тигля печи. Что в свою очередь повышает качество сплава, сокращает время работы индукционного комплекса, в результате чего снижается энергопотребление установки в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плавильные комплексы на основе индукционных тигельных печей и их математическое моделирование : учебное пособие / В. И. Лузгин, С. Ф. Сарапулов, Ф. Н. Сарапулов [и др.]. – Екатеринбург: ГОУВПО УГТУ–УПИ, 2005. – 464 с. – Текст : непосредственный.
2. Вайнберг А. М. Индукционные и плавильные печи / А. М. Вайнберг. – Москва : Энергия, 1967. – 415 с. – Текст : непосредственный.
3. Пат. 2778339 Российская Федерация С1: МПК F27B 17/00 (2006.01), СПК F27B 17/00 (2022.05). Установка индукционной плавки металлов : №2021138229 : заявл. 22.12.2021 : опубл. 17.08.22 / Д. А. Камаев, В. И. Лузгин, В. Э. Фризен, А. С. Коптяков, Д. А. Николаев; патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ). – Текст : непосредственный.

УДК 627.715.8-6

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ УМНЫХ СЕТЕЙ

Хабибуллина Г. И., бакалавр, lolkhabib34@gmail.com

Пигилова Р. Н., преподаватель, rozapigilova@yandex.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В данной статье задета проблема реализации умных сетей и проблемы, возникающие при их использовании. Данная проблема как никогда актуальна для нашей страны, ведь прогресс, который уже проник во все сферы деятельности нашей жизни, просто не может обойти стороной электроэнергетику. Цель статьи выделить основные проблемы возникающие на этапе внедрения и эксплуатации умных сетей. В качестве основного метода я выбрала изучение материалов, касающихся темы российской энергетики и внедрении новых технологий в её работу.

Ключевые слова: умные сети, результативность, электроэнергия, проблемы.

Энергия - неотъемлемая и важная часть человеческого существования, так как без электричества никакие приборы и техники не будут работать. Наверное, многие предприятия хотели управлять сетями, устранять аварии с одним нажатием. Однако, есть такой проект, как умные сети. Они появились достаточно недавно, но уже данная система активно внедряется в электроэнергетику разных стран. В то же время многие предприятия ещё не полностью понимают всю сущность и эффективность этой системы.

Умные сети – это система, которая самостоятельно отслеживает и распределяет потоки электроэнергии для ее использования с максимальной эффективностью. Система передает не только энергию, но и информацию от поставщика к потребителю о тарифах, пиковых нагрузках, возможности выбора источника энергии, и от потребителя к поставщику об объеме и времени потребления. Использование умных сетей позволяет перераспределять нагрузку на сеть. Вся концепция умственных сетей автоматизирована с целью прогноза применения электричества во всех точках. Данная концепция гарантирует наблюдение, надзор, взаимосвязь и исследование в цепочке поставок, для того чтобы уменьшить употребление энергии и затраты, увеличить результативность и максимизировать безопасность и ясность цепочки поставок энергии.

Постоянные изменения потребления электроэнергии и нагрузки на сеть, могут привести к внезапным отключениям, поэтому колебания в использовании должны быть зарезервированы сетевыми компаниями за счет других ресурсов.

Для снижения пиковых нагрузок потребление электроэнергии тарифицируется по требованию, что требует установки счетчиков нового поколения, которые фиксируют не только общий объем, но и время. Современные измерительные устройства способны измерять большое количество текущих параметров и профилей нагрузки и передавать результаты измерений в информационную систему в режиме реального времени. Высокотехнологичные устройства электропитания используют Интернет для обмена данными, получения команд управления, синхронизации времени, обновления программного обеспечения.

Перебои в подаче электроэнергии требуют интеллектуальных технологий для обнаружения и отключения питания до того, как оно выйдет из строя. А новая технология поможет восстановить питание быстро и в режиме реального времени после отключения электроэнергии. Кроме того, интеллектуальная сеть будет лучше использовать электроэнергию, принадлежащую потребителю, когда электроэнергия недоступна из коммунальной сети. Используя эти «распределенные энергетические ресурсы», сообщества могут помочь полицейским участкам, больницам, телефонным системам, продуктовым магазинам и предприятиям работать в чрезвычайных ситуациях.

Также умные сети положительно воздействуют на экологию. Наиболее главные результаты добиваются за счет уменьшения численности и мощностей генерирующих компонентов сети. Это ведет, например, к снижению выброса углекислого газа в атмосферу.

Однако в процессе реализации умных сетей возникает ряд проблем.

Во-первых, возрастающая сложность устройств требует тщательно-го анализа электрических, тепловых и механических свойств. Это делается с пониманием того, что это может повлиять на производительность и надежность других подсистем устройства. Чтобы решить эту проблему, нужны инструменты проектирования и моделирования, которые могут поддерживать точный и систематический совместный анализ моделирования между дисциплинами и технологиями — от уровня компонентов до системного уровня. Только такой подход приведет к успеху и обеспечит глубокое понимание конструкции устройства в реальной рабочей среде.

Во-вторых, это сложность самой системы, нужды и потребности пользователей должны постепенно меняться в соответствии с подходом, который достигает клиентов каждой сети. В то же время внедрение осложняется отсутствием стандартов и правил, которые еще предстоит определить.

В-третьих, это технический характер. Отсутствие доступных, надежных и эффективных накопителей энергии или безопасности и защиты частной информации, передаваемой по сети, тоже не мало важно. Возможности кибератак никто не исключает. Ведь никто не хочет, чтобы их личные данные узнавали другие потребители или просто злоумышленники.

В-четвертых, это финансы. Опыт внедрения таких систем в электросетях показывает, что срок окупаемости этих мероприятий невелик и существенно влияет на снижение потерь бизнеса в первый год после установки оборудования. Некоторые организации не могут начать свой путь в этой области, так как объем собственных инвестиций не позволяет осуществить внедрение умных сетей. Нужна государственная поддержка и контроль инвестиций в данной сфере. Да, это стоит не малых денег, но, живя в постиндустриальном обществе, в сфере IT технологий, это необходимо.

В-пятых, это сокращение объемов капитальных затрат на реализацию проектов. Усиление санкций препятствуют инвестициям в энергетическую отрасль.

В-шестых, это сокращение сохранений стабильной тарифной политики из-за инфляции.

Все эти проблемы взаимосвязаны между собой, поэтому невозможно решить только одну из них.

Таким образом, введение «умных» сетей всем позволит быстро устранять неполадки. Чем быстрее мы решим эти проблемы, что зависит от изменений геоэкономического и геополитического пространства, а также от восприимчивости российского бизнеса, тем быстрее обеспечим более надежное электроснабжение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шилова Л. А. Интеграция цифровых технологий как ключевой фактор развития российской энергетики / Л. А. Шилова, А. О. Адамцевич. – Текст: непосредственный // Энергетическая политика - 2020. - № 9 (151). - С. 60-73.

2. Единая энергетическая система России. – Текст: электронный // Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС») : официальный сайт. – 2022 – URL : <https://www.so-ops.ru/functioning/ees/ops2022/> (дата обращения 11.11.2022).

УДК 621.3.062.88

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА ВКЛЮЧЕНИЯ БАВР НА БРОСОК ТОКА ВКЛЮЧЕНИЯ ПРИ САМОЗАПУСКЕ

Шабанов В. А., канд. техн. наук, профессор, vitaliy123@yandex.ru

Басырова А. А., магистрант, basuyova.aigul2012@mail.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. При потере питания на объектах нефтегазовой отрасли перерыв в электроснабжении должен быть минимальным. Одним из основных технических решений снижения длительности кратковременных перерывов электроснабжения являются установка устройств быстрого действия автоматического включения резерва (БАВР) [1]. Самым быстродействующим алгоритмом БАВР является параллельный алгоритм, при котором сигнал на отключение выключателя ввода потерявшей питание секции шин и на включение секционного выключателя формируются одновременно. В статье исследовано влияние угла включения на бросок тока самозапуска при срабатывании параллельного алгоритма БАВР. Показано, что для синхронного двигателя (СД) типа СТД-8000 угол включения может быть увеличен до 90° .

Ключевые слова: быстродействующее автоматическое включения резерва, ток включения

При включении секционного выключателя при срабатывании БАВР по обмотке статора СД и через вводной выключатель протекают токи включения (бросок тока самозапуска). Для определения наибольшего тока включения в обмотке статора СД надо рассматривать самозапуск наименьшего числа электродвигателей, в худшем случае – одного. Цель статьи – исследование влияния угла включения на бросок тока самозапуска при срабатывании параллельного алгоритма БАВР. Исследования выполняются в следующей последовательности.

1) Для предаварийного режима определяются:

- значение угла δ между векторами напряжения сети и ЭДС в обмотке статора (угла нагрузки δ_0). При использовании относительных единиц:

$$\delta_0 = \arctan \frac{X_d \cdot K_3 \cdot \cos \varphi}{1 + X_d \cdot K_3 \cdot \sin \varphi}, \quad (1)$$

где X_d - синхронное сопротивление; K_3 - коэффициент загрузки электродвигателя (ЭД); $\cos \varphi$ – коэффициент мощности [2];

- модуль ЭДС в обмотке статора:

$$E_0 = \sqrt{(U + I \cdot X_d'' \cdot \sin \varphi)^2 + (I \cdot X_d'' \cdot \cos \varphi)^2}, \quad (2)$$

где U , I и $\cos \varphi$ – значения напряжения, тока и коэффициента мощности двигателя в режиме нагрузки; X_d'' – сверхпереходное сопротивление.

2) Для режима потери питания определяется время, за которое угол δ изменится от начального угла δ_0 до угла включения:

$$t = \sqrt{\frac{\tau_j \cdot (\delta - \delta_0)}{9000}}, \quad (3)$$

где τ_j - электрохимическая постоянная времени агрегата двигатель – механизм; δ – исследуемый угол включения, град [3].

3) Определяется скольжение СД на момент срабатывания БАВР:

$$s = \frac{K_3 \cdot t}{\tau_j}, \quad (4)$$

4) В процессе выбега при потере питания ЭДС двигателя изменяется и для малых моментов времени может быть определена по выражению:

$$E_t = E_0 \cdot \left(1 - \frac{K_3 \cdot t}{\tau_j}\right) \quad (5)$$

Значение ЭДС, найденное на момент времени включения, БАВР называют остаточным напряжением на шинах подстанции: $U_{ост} = E_t$.

5) Определяется ток включения по формуле:

$$I_{вкл} = \frac{U_C - U_{ост} \cdot e^{j\delta}}{X_C + X_d(s)}, \quad (6)$$

где U_C – напряжения сети; X_C – индуктивное сопротивление сети; δ – угол включения; $X_d(s)$ - сопротивление СД при скольжении s [2].

Сопротивление $x_d(s)$ в (6) определяется по пусковой характеристике:

$$X_d(s) = \frac{1}{I_{II}(s)}, \quad (7)$$

где $I_{II}(s)$ – пусковой ток в относительных единицах по справочным данным при скольжении s [1].

По приведенной методике выполнены исследования влияния угла δ на ток включения для СД типа СТД-8000. Значения сопротивления двигателя в функции скольжения и пускового тока приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры	Скольжение, s								
	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1	0,05	0,02
I_{II} , о.е.	6,93	6,72	6,42	6,2	5,92	4,95	3,95	3,01	1,93
X_d , о.е.	0,144	0,149	0,156	0,161	0,169	0,202	0,253	0,332	0,518

При анализе БАВР используется участок пусковой характеристики СД при малых скольжениях, который можно получить из таблицы 1, используя линейную аппроксимацию на участке скольжений от нуля до 0,1.

Исследования выполнены при $K_z = 1,0$ и $\cos\varphi = 0,9$. Напряжение сети в относительных единицах принимается равным $U_c = 1,0$. Эквивалентное сопротивление питающей сети определяется по выражению:

$$X_c = \frac{I_{НОМ}}{I_K}. \quad (8)$$

где $I_{НОМ}$ – номинальный ток СД; I_K – ток трехфазного короткого замыкания на шинах распределительного устройства подстанции, принят равным 20 кА.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Угол включения δ , град	50	55	60	65	70	80	90
t , с	0,036	0,051	0,063	0,073	0,082	0,097	0,110
X_d	0,547	0,518	0,48	0,445	0,423	0,385	0,355
$U_{ост}$	1,054	1,048	1,042	1,038	1,034	1,028	1,02
$I_{вкл}$	0,545- j1,367	0,71- j1,527	0,914- j1,723	1,148- j1,924	1,384- j2,081	1,915- j2,359	2,506- j2,561
$ I_{вкл} $	1,472	1,684	1,950	2,240	2,479	3,038	3,583

Заключение

Зависимость тока включения от угла δ близка к линейной. При угле включения $\delta = 90^\circ$ бросок тока включения равен 3,58. Такой ток безопасен для ЭД и сети. Поэтому для расширения области работы быстрого алгоритма БАВР можно увеличивать угол включения от заданного заводом значения 50° до 90° .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гамазин С. И. Устройства быстродействующего АВР и решение непрерывности технологических процессов / С. И. Гамазин, А. Р. Медведев, Д. Т. Гумиров, В. М. Пупин. – Текст: непосредственный // Электроинфо. – 2008. – № 9. – С. 54-61.

2. Слодарж М. И. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных электродвигателей / М. И. Слодарж. – Москва : Энергия, 1977. – 216 с. – Текст: непосредственный.

3. Шабанов В. А. Анализ требований к времени включения БАВР при параллельном алгоритме / В. А. Шабанов, А. А. Басырова, Н. Р. Кантюков. – Текст: непосредственный // Электропривод, электротехнологии и электрооборудование предприятий : материалы VI Междунар. науч.-технич. конф. – Уфа, 2021. – С.74-81.

УДК 621.315.05

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 КВ, ПОСТРОЕННЫХ В ГАБАРИТАХ 10 КВ, 20 КВ И 35 КВ

Шахова Л. В., магистрант, shakhova_lilia@mail.ru

Хмара Г. А., канд. техн. наук, зав. кафедрой, hmaraga@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассматривается проблема выбора габарита ЛЭП распределительной сети, так как в настоящее время отсутствуют нормативы строительства ЛЭП в других габаритах, что иногда может быть необходимым из-за механической нагрузки на опоры. Взаимное расположение проводов на опоре и расстояние до земли оказывает влияние на индуктивное и емкостное сопротивления линии, а, следовательно, и режимные параметры сети: потери мощности и потери напряжения.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, габарит воздушной линии, потери мощности, потери напряжения.

На стадии разработки концептуального проекта нефтегазового месторождения возникает проблема выбора уровня номинального напряжения и габарита ЛЭП распределительной сети.

Выбор уровня номинального напряжения происходит исходя из минимизации потерь напряжения без учета вероятности развития месторождения, возможного роста нагрузок, связанного с технологическими особенностями добычи углеводородного сырья, доразведки существующего месторождения. В большинстве случаев на месторождениях Западной Си-

бири для распределительных сетей кустов нефтегазодобывающих скважин проектируются линии напряжением 10 кВ.

Выбор габарита ЛЭП чаще всего не производится, и линия строится в габарите своего напряжения, так как отсутствуют методики выбора и нормативы строительства ЛЭП в других габаритах. В некоторых случаях применяют повышение габарита ВЛ на один или два порядка вследствие невозможности использования опор выбранного класса напряжения из-за механической нагрузки на опоре. Например, на Уренгойском месторождении построена ВЛ 10 кВ в габарите 35 кВ с проводом АС 150/19 из-за невозможности подвесить провод такого сечения на опоры габарита 10 кВ.

Расчет режима проведем при заданном напряжении в начале ЛЭП и известной мощности нагрузки $(P_n + j \cdot Q_n)$. Расчет выполняется в два этапа: на первом этапе принимается допущение, что напряжение в конце ЛЭП равно его номинальному значению, на втором этапе для расчетов используется уточненное значение напряжения с учетом потерь.

Потери мощности ЛЭП определяются по формуле:

$$\Delta P(l) = \operatorname{Re} \left(\frac{P_n^2 + (Q_n - 0,5 \cdot U_n \cdot j \cdot b_o \cdot l)^2}{U_n^2} (r_o \cdot l + j \cdot x_o \cdot l) \right), \quad (1)$$

где r_o , x_o , b_o - активное, индуктивное, емкостное погонные сопротивления линии, Ом/км; U_n - на первом этапе расчета, напряжение на источнике питания, 10 кВ, на втором этапе расчета, напряжение в конце линии, определяемое с учетом потерь.

Потери напряжения ЛЭП рассчитываются по формуле:

$$\Delta U(l) = U_1 - \sqrt{\left(U_1 + \frac{P_1 \cdot r_o \cdot l + Q_1 \cdot x_o \cdot l}{U_1} \right)^2 + \left(\frac{P_1 \cdot x_o \cdot l - Q_1 \cdot r_o \cdot l}{U_1} \right)^2}, \quad (2)$$

где U_1 - напряжение на источнике питания, 10 кВ; P_1 , Q_1 - мощность в начале линии с учетом потерь.

Проведем сравнительный анализ потерь напряжения и потерь мощности ЛЭП, построенной на железобетонных опорах, для провода АС-95/16 при мощности нагрузки 5 кВт, $\cos \varphi = 0,9$. На рисунках 1 и 2 представлены зависимости потерь мощности и потерь напряжения от протяженности ЛЭП.

Из графика потерь мощности ВЛ 10 кВ видно, что потери ВЛ 10 кВ в габарите 35 кВ ниже, чем ВЛ 10 кВ в габарите 10 кВ и с ростом длины эта разница становится больше.

Из графика потерь напряжения ВЛ 10 кВ в габаритах 10 кВ и 35 кВ видно, что на всей длине потери не превышают допустимых.

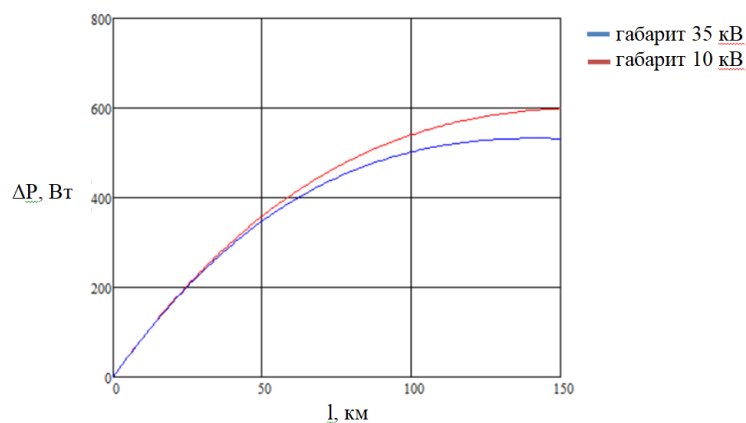


Рис. 1. Зависимость потерь мощности ВЛ 10 кВ, выполненной проводом АС 95/16 на железобетонных опорах и построенной в габаритах 35 кВ и 10 кВ, от ее протяженности

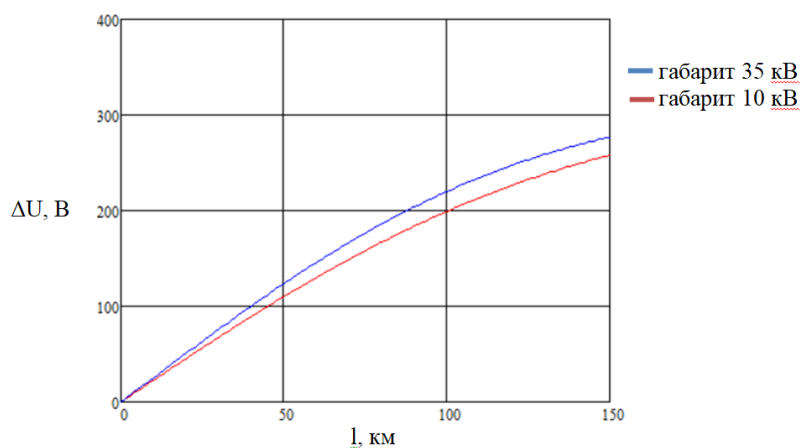


Рис. 2. Зависимость потерь напряжения ВЛ 10 кВ, выполненной проводом АС 95/16 на железобетонных опорах и построенной в габаритах 35 кВ и 10 кВ, от протяженности

Таким образом, при проектировании ВЛ 10 кВ с применением провода АС 95/16 и железобетонных опор для уменьшения потерь мощности в линии протяженностью более 40 км необходимо использовать габарит 35 кВ, в то время как выбор габарита ВЛ 10 кВ, протяженностью менее 40 км зависит от вероятности развития месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Идельчик В. И. Электрические системы и сети : учебник / В. И. Идельчик. — Москва : Энергоатомиздат, 1989 — 592 с. — Текст : непосредственный.
2. Филиппова Т. А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебник для вузов / Т. А. Филиппова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 293 с. — Текст : непосредственный.

РАСЧЕТ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК С УЧЕТОМ ВСЕХ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Шеломенцев В. А., ассистент, shelomentsevva72@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной работе рассматривается проблема того, что на этапах проектирования газовых месторождений не учитываются электрические нагрузки всех этапов жизненного цикла промысла, что ведет к многочисленным реконструкциям системы электроснабжения, то есть увеличению капитальных и операционных затрат. Целью данной работы являлось обосновать необходимость учета всех электрических нагрузок на каждом этапе освоения месторождения при разработке проектной документации путем математического моделирования типового промысла для определения рационального местоположения центра электрических нагрузок. В ходе расчета получены параметры для построения картограммы, анализ которой позволяет оценить технико-экономическую целесообразность размещения центра электрических нагрузок, что в перспективе позволит разработать общую методику проектирование месторождения с учетом всех этапов жизненного цикла месторождения.

Ключевые слова: газовое месторождение, жизненный цикл, центр электрических нагрузок.

Жизненный цикл каждого газового месторождения состоит из четырех основных этапов: нарастающая добыча, постоянная добыча, падающая добыча и ликвидация месторождения [1,2]. В процессе освоения месторождения до четвертого этапа происходит снижение забойного давления скважин и среднего пластового давления, что приводит к постепенному снижению объемов добычи газа.

Одной из ключевых проблем эксплуатации газовых месторождений заключается в том, что при разработке проектной документации электросетевого хозяйства учитываются электрические нагрузки основном только первого и лишь иногда второго этапа, возрастающие на порядок энергозатраты на этапе падения добычи не учитываются, что в результате приводит к постоянным реконструкциям всех элементов системы электроснабжения [3].

Перед проектировщиками встают задачи рационального выбора источника, размещения объектов электросетевого хозяйства, конфигурации схемы электроснабжения и много другого. И если уже доказано, что выбор класса напряжения необходимо изначально выполнять с учетом перспективного роста электрических нагрузок, что повышает эффективность функционирования газовых месторождений в современных рыночных условиях [4], то одной из других важных задач может стать доказательство необходимости рационального определения центра электрических нагрузок (ЦЭН) промысла с учетом всех периодов жизненного цикла месторождения.

Для расчета ЦЭН газового месторождения взят типовой ситуационный план, построенный в масштабе 1:1 в программном обеспечении AutoCAD, что позволило получить двухмерные координаты каждого объекта. Координаты и рассчитанные электрические нагрузки всего жизненного цикла представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование объекта	Электрическая нагрузка (КВт)			Координаты объекта	
	Этап I	Этап II	Этап III	X	Y
Куст 1	100	100	1000	4993,0672	12417,6561
Куст 2	100	100	1000	5954,0846	6325,7862
Куст 3	100	100	1000	8980,8379	15701,5147
Куст 4	100	100	1000	9347,1779	8170,6976
Куст 5	100	100	1000	10647,3325	3374,9167
Куст 6	100	100	1000	11132,9392	12682,3445
Куст 7	100	100	1000	13369,5864	6754,5848
Куст 8	100	100	1000	16142,8970	11194,4878
Куст 9	100	100	1000	16201,7942	14394,0804
Куст 10	100	100	1000	17635,3986	7149,3794
УКПГ	3000	5000	4500	10060,2354	6346,2528
Итого:	4000	6000	14500		

Исходя из методик расчета выбора места расположения питающих подстанций промышленного предприятия, представленных в работах А.А. Федорова и В.В. Каменева [5], была сформирована математическая модель для определения условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния центра электрических нагрузок, ориентации координатных осей и осей эллипса рассеяния энергетических объектов газового месторождения с учетом всего жизненного цикла.

В результате расчетов были получены параметры для построения картограммы нагрузок месторождения, представляющей собой план промысла с зоной рассеяния при некоррелированных величинах x и y с учетом корреляции оси ψ и ϕ , где зоны рассеивания всех объектов для наглядности увеличены в 5 раз (Рисунок 1).

Анализ полученной картограммы позволяет сделать оптимальный выбор размещения ЦЭН в ходе решения задачи динамического проектирования, т.е. рассмотрев статические картограммы каждого этапа, можно в области пересечения зон рассеивания или же в области равноудаленной от каждой зоны определить зону рационального (с точки зрения технико-экономического анализа) расположения ЦЭН газового месторождения, что потенциально позволит частично или полностью предотвратить незапланированные реконструкции системы электроснабжения, тем самым снизить капитальные и операционные расходы, что приведет к снижению стоимости добычи газа.

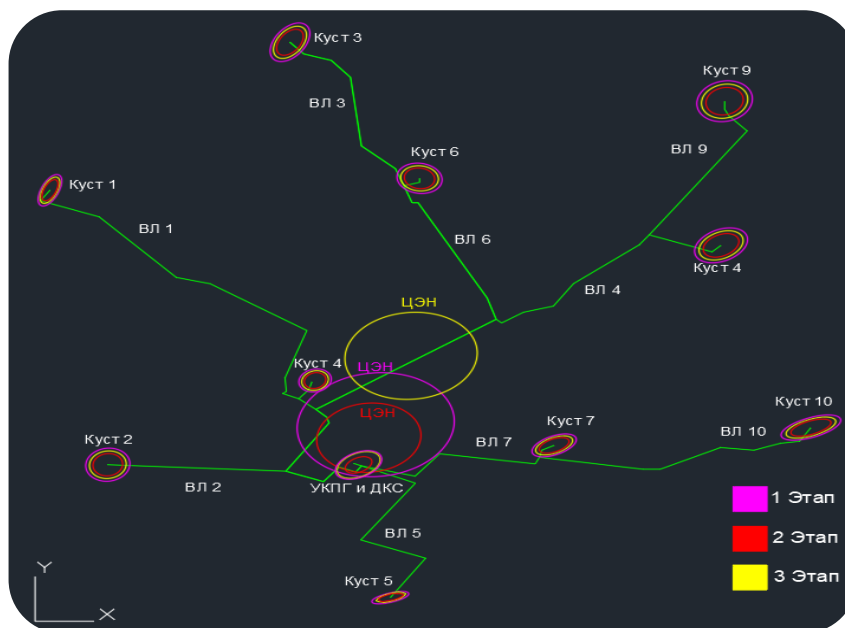


Рис. 1. Картограмма газового месторождения с учетом всего жизненного цикла

Также вокруг полученной области можно будет определить зоны увеличения приведенных расчетных годовых затрат при смещении подстанции из зоны рассеивания ЦЭН, если расположить ЦЭН точно в рациональной зоне будет невозможно по ряду технических, архитектурных, геологических и других условий. Тем самым можно будет сформировать несколько сценариев развития системы электроснабжения и выбрать наиболее экономически благоприятный для поставленной задачи [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений : учебное пособие / А. Ф. Безносиков, М. И. Забоева, И. А. Синцов, Д. А. Остапчук. – Тюмень: ТИУ, 2016. – 80 с. – Текст: непосредственный.
2. Хачатуров В. Р. Математическое моделирование ликвидации газовых месторождений / В. Р. Хачатуров, А. Н. Соломатин, А. К. Скиба – Текст: непосредственный // Экспозиция Нефть Газ. – 2016. – № 6 (52). – С. 34–36.
3. Богачков И. М. Поддержка принятия решения при выборе рационального напряжения системы электроснабжения газового месторождения с учетом его жизненного цикла : 05.13.01 : дис. ... канд. техн. наук / И. М. Богачков ; ОмГТУ. - Омск, 2021. - 195 с. – Текст : непосредственный.
4. Богачков И. М. Алгоритм выбора оптимального класса напряжения системы электроснабжения газовых месторождений с учетом всего жизненного цикла / И. М. Богачков, Р. Н. Хамитов. – Текст: непосредственный // Проблемы машиноведения : Материалы V Международной научно-технической конференции. – Омск, 2021. – С. 158-166.

5. Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 386 с. – Текст : непосредственный.

УДК 338.45:658.152

ИЗНОС ОСНОВНЫХ ФОНДОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ: СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ЕГО СНИЖЕНИЯ

Щегрова Ю. А., бакалавр, yshhegrova@mail.ru

Бурганов Р. А., д-р экон. наук, профессор, burganov-r@mail.ru

г. Казань, Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Целью данного исследования является анализ тенденций основных фондов и средств предприятий производства электроэнергии. В статье рассмотрены тенденции износа основных фондов и средств предприятий электроэнергетики, определены основные факторы улучшения их использования, а также представлены негативные последствия износа для предприятий электроэнергетики России.

Ключевые слова: электроэнергетика, основные фонды, амортизация, основные средства, износ.

Непрерывное развитие предприятий электроэнергетики и снижение износа их основных фондов оказывают важное влияние на финансово-экономическое развитие страны в целом. Поэтому основной задачей предприятий электроэнергетики является снижение износа основных фондов.

Состояние износа основных средств и фондов в электроэнергетике детально и подробно описано в литературе и статистических материалах. Износ основных фондов предприятий отрасли производства и распределения электроэнергии по РФ за период 2018-2021 гг. представлен в табл. 1.

По данным таблицы 1 видим, что за период 2018-2021 гг. степень износа основных фондов предприятий электроэнергетики РФ увеличилась на 2,8% [4].

Таблица 1

Износ основных фондов предприятий отрасли электроэнергетики России

Год	Степень износа основных фондов, %
2018	44
2019	44,9
2020	46,4
2021	46,8

Состояние износа в энергетике напрямую влияет на развитие всей экономики. Электроэнергетика имеет стратегическое значение для экономики России. Эффективное снабжение электрической энергией способствует не только экономическому развитию, но и научно-техническому прогрессу. В современной экономике необходимо искать новые возможности для ее развития на основе эффективного взаимодействия национальной экономики и электроэнергетики. Следовательно, положения работ [1, 2] Р. А. Бурганова являются актуальными, так как изложенные в ней идеи имеют теоретическое и практическое значение для современного этапа развития экономики и энергетики.

Ряд авторов [3] предлагает факторы, которые окажут серьезное влияние на улучшение использования основных фондов для предприятий в сфере электроэнергетики.

К показателям, позволяющим судить о состоянии основных производственных фондов, следует отнести количество основных средств, введенных в эксплуатацию, и размер ликвидированных фондов.

Для определения нормы износа основных средств используют такой показатель как остаточная стоимость. Он представляет собой разницу между первоначальной стоимостью основных средств и суммой накопленной амортизации.

Физический износ проявляется обычно в таких формах как разрушение, деформация, коррозия, а также изменение физико-химических свойств вещества.

Эффективное использование основных фондов и обеспеченность электроэнергетических предприятий ими в необходимом количестве являются одними из главных факторов роста объемов произведенной электроэнергии.

К факторам развития основных средств в электроэнергетике относятся уровень физического износа, взаимозаменяемость оборудования, резервирование мощностей, а также интенсивность отказов.

На развитие основных фондов влияют такие факторы, как объем поддержки со стороны государства, динамика затрат на электроэнергию, уровень морального износа, динамика внедрения цифровых технологий, а также инвестиционная привлекательность [2].

Для улучшения структуры основных фондов электроэнергетических предприятий необходимо увеличить долю активной части основных производственных фондов, т.е., увеличить единичные мощности энергетических агрегатов, их начальные параметры, а также напряжение в электросетях.

К числу факторов, которые окажут большое влияние на улучшение использования основных средств в электроэнергетике, относятся сокращение количества избыточного оборудования, повышение уровня квалификации персонала, автоматизация и роботизация производственных процессов.

Для снижения износа основных фондов предприятий электроэнергетики в России предлагается заменять устаревшее оборудование на более новое, современное, совершенствовать конструкции действующей техники, автоматизировать механизмы и переводить оборудование на программное обеспечение. Также важно в обязательном порядке проводить своевременный ремонт и соблюдать правила по эксплуатации оборудования.

Таким образом, на основании теоретического обзора определены факторы, обеспечивающие функционирование и развитие производственных мощностей. Можно заключить, что предприятия сферы производства и распределения электроэнергии должны обновлять и модернизировать свои основные фонды и тем самым снижать их моральный износ, иначе результативность их работы начнет снижаться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурганов Р. А. Экономика и электроэнергетическая сфера в фокусе научных исследований / Р. А. Бурганов, Л. А. Голицына. – Текст: непосредственный // Журнал экономических исследований. – 2017. – Т. 3, № 6. – С. 20-30.

2. Бурганов Р. А. Взаимодействие экономики и электроэнергетической сферы: институциональное измерение / Р. А. Бурганов. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2017. – 123 с. – Текст: непосредственный.

3. Гибадуллин А. А. Формирование модели повышения эффективности основных средств электроэнергетических компаний / А. А. Гибадуллин. – Текст: непосредственный // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. - 2018. – № 3. – С. 20-25.

4. Основные фонды и другие нефинансовые активы. - Текст: электронный // Росстат Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. - 2017. – URL : <http://rosstat.gov.ru/folder/14304> (дата обращения : 10.11.2022).

ФЗ № 436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11
----------------	---

Научное издание

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**

Материалы
Национальной с международным участием
научно-практической конференции
студентов, аспирантов, учёных и специалистов
(20-22 декабря 2022 года)
В 2-х томах
Том 2

В авторской редакции

Подписано в печать 23.12.2022. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 21,18.
Тираж 500 экз. Заказ № 2541.

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.