

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,
посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики*

Том II

Тюмень
ТИУ
2019

УДК 338.45 (06)+656.5(06)

ББК 65.301

Э 653

Ответственный редактор:

кандидат технических наук, доцент А. Н. Халин

Редакционная коллегия:

О. Н. Кузяков, В. Д. Гейдт, Р. Ю. Некрасов, М. В. Панова,

В. В. Юрченко, Л. В. Таранова, Л. Н. Скипин,

Г. А. Хмара, Ф. А. Лосев, А. В. Сидоров

Э 653

Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики: в 2 т. Том 2 / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень : ТИУ, 2019. – 387 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9961-2248-6 (*общ*)

ISBN 978-5-9961-2250-9 (*том 2*)

В издании опубликованы статьи и доклады, представленные на Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, в которых изложены результаты исследовательских и опытно-конструкторских работ по широкому кругу вопросов.

В состав второго тома вошли материалы работы секций: «Теплоэнергетика», «Химическое производство», «Экологическая и промышленная безопасность», «Электроэнергетика и электротехника».

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

УДК 338.45 (06)+656.5(06)

ББК 65.301

ISBN 978-5-9961-2248-6 (*общ*)

ISBN 978-5-9961-2250-9 (*том 2*)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»	13
<i>Алтынбаева Д. Б., Табакаев Р. Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ФРАКЦИЙ ТОРФА С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ МИНЕРАЛИЗАЦИИ	13
<i>Вахитова Р. И., Сарачева Д. А., Кунеевский В. В.</i> ОЧИСТКА ОТ НАКИПИ ВОДОТРУБНЫХ КОТЛОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	16
<i>Заславский Е. А., Блинов В. Л.</i> АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ	19
<i>Ибраева К. Т., Шутова Е. В., Табакаев Р. Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ ДЛЯ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	22
<i>Куриленко Н. И., Кузьменко К. Е.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРОЗИЙНОГО ИЗНОСА ТЕПЛОПРОВОДОВ	25
<i>Махотин Д. Л.</i> ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	28
<i>Семянникова О. Г., Андрюшенкова Д. Д.</i> ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ КОТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	31
<i>Степанов О. А., Рыдалина Н. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ	34
<i>Табакаев Р. Б., Астафьев А. В., Зиза Н. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ ВОВЛЕЧЕНИЯ БИОМАССЫ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС	37
<i>Ткаченко Г. Н.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	40
<i>Фирцева С. В., Белянкина Е. С.</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	43
<i>Фирцева С. В., Перевозчикова О. Е.</i> ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ	46

<i>Щапова Я. А.</i> К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ Г. ТЮМЕНИ.....	49
СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО».....	52
<i>Богодухова О. В., Таранова Л. В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ ГАЗОПЕРЕРАБОТКИ	52
<i>Богомолова М. Е., Савченков А. Л.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ.....	55
<i>Гуров Ю. П., Курмачев Н. А.</i> УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫХОДА СВЕТЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ.....	57
<i>Дерюгина О. П., Кабанов А. Д.</i> ПОЛИМЕРНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ: РОСТ ИЛИ СТАГНАЦИЯ.....	59
<i>Десятов В. О., Савченков А. Л.</i> МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АДСОРБЦИИ ИЗОБУТАНА И ИЗОБУТЕНА НА ЦЕОЛИТЕ ТИПА 13X МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО	62
<i>Егоров А. А., Савченков А. Л.</i> ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ В ПРОМЫСЛОВЫХ СИСТЕМАХ	65
<i>Коленчин Н. Ф., Некрасов Р. Ю., Зыкин П. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРОЧНЕНИЯ АЛЮМИНИЯ В СЕРНОКИСЛОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ ЗА СЧЕТ ИГОЛЬЧАТОЙ ФОРМЫ КАТОДА	68
<i>Михайлова А. Е., Таранова Л. В.</i> СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОДХОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ	70
<i>Савина А. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПИРОЛИЗА	73
<i>Хисматуллина И. З.</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛА И СПОСОБЫ ЕЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ.....	75
СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»	78
<i>Альжанов К. С.</i> РЕКУЛЬТИВАЦИЯ БУРОВОГО ШЛАМА С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ, ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ОМАГНИЧЕННОЙ ВОДЫ.....	78
<i>Альжанов К. С., Ересько Т. В.</i> РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЧВЫ ПУТЕМ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ ПРИ ВНЕСЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СОРБЕНТОВ НА ФОНЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «БАК - ВЕРАД» И ДРУГИХ ИЗУЧЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ.....	81

<i>Афонин К. В., Жилина Т. С., Загорская А. А., Павлова М. Н.</i> УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	84
<i>Бурлаков А. С., Григорьева В. Н., Литвинова Н. А.</i> АНАЛИЗ РИСКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ НА СТАНЦИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕКАЧИВАНИЯ НЕФТИ.....	87
<i>Васильев Е. А., Бурлак В. В., Литвинова Н. А.</i> РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ГЛУБИНЫ ЗОНЫ ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ ПРОЛИВА РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ.....	90
<i>Воронов А. А.</i> ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТАЛЫМИ ВОДАМИ СНЕЖНЫХ ПОЛИГОНОВ	92
<i>Глебова Н. С., Логачев В. Г.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ОСАЖДЕНИЯ ПАРА КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВЫБРАСЫВАЕМЫХ ИЗ ГРАДИРЕН ВЕЩЕСТВ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ	95
<i>Глоба Н. И.</i> ПТИЧИЙ ПОМЕТ – АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АГРАРНОЙ РОССИИ.....	97
<i>Глотов А. В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ С ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТЬЮ	100
<i>Гузеева С. А., Тимонин Г. В.</i> МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ ТУРЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ В ПРЕДЕЛАХ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ	103
<i>Гузеева С. А., Данилевская А. А.</i> МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ОЗЕРАХ ГОРОДА ТЮМЕНИ.....	106
<i>Дерюгина О. П., Шабарчин А. А.</i> ЭРА СВИНЦА	109
<i>Добрыдина Н. Ю.</i> ВОСТРЕБОВАННОСТЬ НОВОГО ЖИЛЬЯ С СОБЛЮДЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ГОРОДЕ ТЮМЕНИ	111
<i>Загорская А. А., Пимнева Л. А.</i> СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ КОБАЛЬТА В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫМИ ГЛИНАМИ.....	114
<i>Иляшенко Л. К., Ботанин В. С.</i> МЕТОДЫ ЛИКВИДАЦИИ НЕФТЯНЫХ УТЕЧЕК НА АКВАТОРИЯХ	118
<i>Казанцева Л. А., Левченко Д. Н.</i> УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ЦЕХА РЕМОНТА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ	

ТРУБ И НАСОСНЫХ ШТАНГ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	121
<i>Качалова Г. С., Плохов А. А., Акимова Д.</i> СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ В СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ	124
<i>Кирий И. С., Литвинова Н. А.</i> ВЛИЯНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ЭКРАНИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН	127
<i>Короткова Ю. С.</i> АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ СТРОИТЕЛЬСТВА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ПО ЗАКАЧКЕ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В ПОДЗЕМНОЕ ХРАНИЛИЩЕ.....	130
<i>Курбанов А. А.</i> ПОРАЖЕНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬ	133
<i>Максимов Л. И., Малеванная М. И.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВИХРЕВЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО РУДОПОДОБНОГО СЫРЬЯ.....	135
<i>Малых И. А., Мартышин А. А., Литвинов Д. О.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ	138
<i>Мателенок И. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ FIJI ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИИ	140
<i>Мельникова А. В.</i> ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТЮМЕНИ.....	144
<i>Мельникова А. В.</i> ЭКОЛОГО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ КАРКАС ГОРОДА ТЮМЕНИ.....	146
<i>Мельников П. Р.</i> АНАЛИЗ ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ НОРВЕГИИ	149
<i>Митриковский А. Я., Филипенко Я. С.</i> СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА КАК ОСНОВНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ НА «ЗАВОДЕ БКУ».....	152

<i>Муравьева Л. В.</i> ПРОБЛЕМА МИНИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОДВОДНЫЙ ТРУБОПРОВОД.....	155
<i>Мухаметшина Э. Р.</i> 3D-МОДЕЛИ КАК СПОСОБ ОТРАЖЕНИЯ ОБЪЁМНЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ УЧАСТКОВ	158
<i>Палладина Я. А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	160
<i>Пимнева Л. А., Искакова А. И.</i> КИНЕТИКА АДСОРБЦИИ ИОНОВ КАДМИЯ НА КАОЛИНИТА	163
<i>Полещук И. Н., Учаева Д. К.</i> ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЦИНКА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПРИРОДНЫМ КАОЛИНИТОМ.....	166
<i>Семибратова А. С.</i> СЖИГАНИЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	169
<i>Сивков Ю. В., Куценова М. Д., Петришен И. В.</i> БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ КАМЫНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	172
<i>Сивков Ю. В., Зубченко П. А., Возжаев В. А.</i> ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГРУНТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ НЕФТИ	175
<i>Солодовников А. В., Махнёва А. Н.</i> К ОСОБЕННОСТЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ ТРЕБОВАНИЯМ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	178
<i>Томчук Н. Н., Буракова Д. С.</i> ВЛИЯНИЕ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ КИСЛОРОДА НА КОРРОЗИОННУЮ АКТИВНОСТЬ ЗАКАЧИВАЕМЫХ ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ	180
<i>Трегубов В. Н.</i> УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ГОРОДАХ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МОБИЛЬНОСТЬ КАК УСЛУГА	183
<i>Фатеева Е. В.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ.....	186
<i>Федина А. В.</i> «ЭНЕРГИЯ ИЗ ОТХОДОВ» КАК АЛЬТЕРНАТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ	189

<i>Филимонова Л. А.</i> НЕФТЕХИМИЧЕСКИЙ КЛАСТЕР – ИСТОЧНИК БЛАГОСОСТОЯНИЯ РЕГИОНА ИЛИ УГРОЗА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ	193
<i>Хайруллина Л. Б., Махмудова М. М.</i> РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	196
<i>Халецкая С. Ю.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖКХ.....	199
<i>Ханиев Р. М.</i> ВЛИЯНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ВЕТРОВАЯ И СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА).....	203
<i>Чифилёв С. М.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ОСВОЕНИИ СКВАЖИН. ГНВП.....	206
СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»	209
<i>Азисов У. Р., Аксарин Д. А., Антипин В. А., Кислицын А. С., Паутов Д. Н.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУКЦИОННО-РЕЗИСТИВНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОГРЕВА ТРУБОПРОВОДОВ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	209
<i>Аникин В. В.</i> РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОГРУЖНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО ПАРАМЕТРАМ Т-ОБРАЗНОЙ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ.....	212
<i>Антропова В. Р., Лосев Ф. А.</i> КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ВНЕЗАПНОМ ДЕФИЦИТЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ	216
<i>Антяскин Д. И., Глазырин А. С., Боловин Е. В., Слепнёв И. Г.</i> ПРОЕКЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ RL-ЦЕПИ	219
<i>Архипова О. В.</i> АНАЛИЗ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЗОН ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	221
<i>Байбосов Б. С.</i> РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ.....	224
<i>Баймухаметов М. А.</i> УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ: ВИДЫ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	227

<i>Большаков Д. А.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ	230
<i>Воробьев А. В.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	232
<i>Габдрахимов А. А.</i> БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА.....	235
<i>Горяинова А. В.</i> ПКУ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	238
<i>Горяинова А. В.</i> ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....	240
<i>Гульбинас А. С., Петухова В. С.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ	242
<i>Дадабаев Ш. Т.</i> К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ТУРБОМЕХАНИЗМОВ	245
<i>Дмитриев А. А., Герасимов В. Е., Андреева Ю. Н.</i> РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ.....	248
<i>Евдокимов А. А., Шаймарданов А. Ф.</i> АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОДИЗЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ХМАО.....	252
<i>Ерёмин И. П.</i> ТЕХНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА ДЛЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СКИН-ЭФФЕКТА.....	256
<i>Загитов С. Г.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ.....	258
<i>Залетенко П. А.</i> ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ СВЯЗИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕТЯХ SMART GRID	262
<i>Зольникова Т. В., Власова Е. П.</i> СОГЛАСОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ.	265
<i>Зязев М. Е., Лямпасова Е. С., Коняев А. Ю.</i> ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ МАШИН КАК ОБЪЕКТА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	268

<i>Ивашевский Н. С.,</i>	<i>Ведерникова Ю. А.</i>	ПРИМЕНЕНИЕ	
ИСКУССТВЕННЫХ	НЕЙРОННЫХ	СЕТЕЙ	В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ			271
<i>Козлова Л. Е.,</i>	<i>Раков И. В.,</i>	<i>Буньков Д. С.</i>	НЕЙРОСЕТЕВОЙ
НАБЛЮДАТЕЛЬ СКОРОСТИ ДПТ НВ			273
<i>Колесов В. И.,</i>	<i>Хмара Г. А.</i>	МОДЕЛЬ ЭНЕРГОЗАТРАТ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ	
276			
<i>Комилова М. Е.</i>	К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКЕ (На примере Республики Таджикистан)		
279			
<i>Корчагина А. П.</i>	ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПУТЕМ ОБСЛЕДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ БЕСПИЛОТНЫМИ АВИАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ		
282			
<i>Логунов А. В.,</i>	<i>Рохлов В. А.</i>	ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКЛОУЗЕРОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	
286			
<i>Лосев Д. Я.</i>	РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА, ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ТРУДНОДОСТУПНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ		
290			
<i>Мазко В. Н.,</i>	<i>Обвинцев А. Е.</i>	ОБЗОР ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ДЕМПФИРОВАНИЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ АГРЕГАТОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	
293			
<i>Малькова Я. Ю.,</i>	<i>Уфа Р. А.</i>	МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ.....	
296			
<i>Минваева М. С.</i>	ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В РЕГИОНАХ РОССИИ		
299			
<i>Набунский И. А.,</i>	<i>Глазырин А. С.</i>	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	
303			
<i>Назиров Х. Б.,</i>	<i>Камолов М. М.</i>	АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
306			
<i>Новокщеников С. А.</i>	СПОСОБ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ.....		
309			

<i>Павленко И. А., Бабаевский А. Н.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	313
<i>Петров С. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА ДЛЯ ВЫБОРА СЕЧЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	316
<i>Петухова Н. Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ	319
<i>Попов Е. И., Орлов В. С.</i> К ВОПРОСУ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО ТОКА	321
<i>Романов И. А., Таштимиров Т. Р.</i> СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ И ВЕЛИКОБРИТАНИИ	324
<i>Рысев П. В., Асуева Х. Л.</i> СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДАЛЬНИХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ	327
<i>Рябишина Л. А., Бадертдинов Р. Р., Кусайынов Д. Ж.</i> ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА	330
<i>Сорогин А. С.</i> ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТКОМ НА ПРОТЯЖЕННЫХ ЛЭП	333
<i>Ткаченко С. Н., Корытченкова Е. Е.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ РАССРЕДОТОЧЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	336
<i>Трошкин С. В.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА	339
<i>Тюньков Д. А., Сапилова А. А.</i> О КРИТЕРИЯХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛЕЙ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	342
<i>Ульянов С. А., Илюхин К. Н.</i> РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ	346
<i>Филимоненко А. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА РАНКА-ХИЛША В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	348

<i>Хамитов Р. Н., Васильков В. И.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДАЛЕННЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КУСТОВЫХ ПЛОЩАДОК.....	351
<i>Хамитов Р. Н., Соловьева Е. С.</i> ПРОВАЛЫ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	354
<i>Чалков А. С.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ.....	357
<i>Чертков А. Ю., Новоселова М. В.</i> СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРООБОГРЕВА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ. РАЗВИТИЕ И ОСОБЕННОСТИ	360
<i>Шеломенцев В. А., Орлов В. С.</i> СРЕДСТВА И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	363
<i>Шемигурина С. А., Шемигурин А. А.</i> НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПОСТРОЕНИЯ КОМПАКТНЫХ ОРУ-35	367
<i>Яковлев В. В.</i> ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ НА СВЕРХВЫСОКОМ КЛАССЕ НАПРЯЖЕНИЯ.....	370
<i>Якунин А. Н., Гарифуллина А. Р., Ярыш Р. Ф.</i> ВЛИЯНИЕ НАГРУЗКИ СТАНКА-КАЧАЛКИ НА РАБОТУ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	374
<i>Якунина О. Г., Савченко В. Ф.</i> ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ	377
<i>Якунина О. Г., Трапезников А. И.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ГАЗОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ: МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ.....	381
<i>Ярославцев М. В., Латышев Р. Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЪЕМНОЙ И БОКОВОЙ СИЛ МАГНИТА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ.....	384

УДК 543.23

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ
ФРАКЦИЙ ТОРФА С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ
МИНЕРАЛИЗАЦИИ**

Алтынбаева Д. Б., бакалавр, Dba10@tpu.ru

Табакаев Р. Б., канд. техн. наук, научный сотрудник, TabakaevRB@tpu.ru

г. Томск, Томский политехнический университет

Аннотация: Целью работы является исследование кинетики пиролиза торфа методом Фридмана после его седиментационного разделения. Получены значения энергии активации пиролиза для фракций из торфа с различной плотностью.

Ключевые слова: пиролиз, торф, кинетика, метод Фридмана.

Термическая переработка биомассы с помощью пиролиза позволяет получать энергетически ценные продукты. В промышленности для обеспечения механизации переработки используют топливо в измельченном виде, что приводит к разному составу измельченных частиц, а, следовательно, и к различным плотности и массе [1]. Это необходимо учитывать при математическом описании термической переработки, которое требует изучения большого количества физических и химических величин, влияющих на результаты кинетического расчета, в частности величины энергии активации. Целью работы является исследование кинетики пиролиза торфа методом Фридмана после его седиментационного разделения.

В работе рассмотрен торф (месторождение Суховское, Томская область), седиментационно разделенный на фракции в жидкостях с различной плотностью: ≤ 1400 кг/м³ ($\omega=0,4$ %), 1400-1600 кг/м³ ($\omega=36,6$ %), 1600-1800 кг/м³ ($\omega=40,4$ %), 1800-2280 кг/м³ ($\omega=6,2$ %), 2280-2860 кг/м³ ($\omega=16,4$ %), где ω – выход фракции из торфа при разделении.

Для расчёта энергии активации проведены дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) и термогравиметрический анализ (ТГ) на термоанализаторе STA 449C Jupiter (Netzsch, Германия). Параметры проведения анализа: скорость 5, 15 и 30°C/мин, температурный диапазон эксперимента – 20-1000°C, масса – 20 мг, инертная среда (Ar). Основой данного метода является общее кинетическое уравнение [2]:

$$\ln \left[\left(\frac{-1}{w_0} \right) \cdot \left(\frac{dw}{dt} \right) \right] = \ln A + \ln f \left(\frac{w}{w_0} \right) - \frac{\Delta E}{RT},$$

где w – масса вещества, %; w_0 – исходный масса вещества, %; t – время, мин; A – предэкспоненциальный коэффициент; ΔE – энергия активации

константы скорости, кДж/моль; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль К); T – абсолютная температура, К; $f(w/w_0)$ – функция массы вещества.

Предполагается что при одном значении w/w_0 функция $f(w/w_0)$ постоянна при разных скоростях нагрева. В зависимости от количества разложившейся массы выбирается диапазон значений w/w_0 , который разделяется на равные интервалы. Значения $\ln[(-1/w_0)(dw/dt)]$ и $1/T$ определяли для каждого w/w_0 , после чего строили зависимость $\ln[(-1/w_0)(dw/dt)]$ от $1/T$. Наклон линий w/w_0 равен $-\Delta E/R$, а точка пересечения с осью ординат $\ln[Af(w/w_0)]$.

В связи с тем, что фракция с плотностью ≤ 1400 кг/м³ имеет низкое значение выхода ($\omega=0,4$ %), расчет кинетических параметров не производился. Процесс разложения органической части торфа протекает в температурном диапазоне от 220 до 600-650°C, при температуре свыше 650°C происходит разложение карбоната кальция, входящего в состав минеральной части фракций [3].

На рис.1 показаны кривые ТГ и ДТГ образца с плотностью 1400-1600 кг/м³. Подобные зависимости получены для каждой пробы (кривые не приведены). В температурном диапазоне от 240 до 480°C протекает основной процесс разложения (рис.1а). В зависимости от данного температурного диапазона выбраны диапазоны значений w/w_0 . На кривой ДТГ (рис. 1б) при температуре 290°C наблюдается пик увеличения скорости разложения пробы.

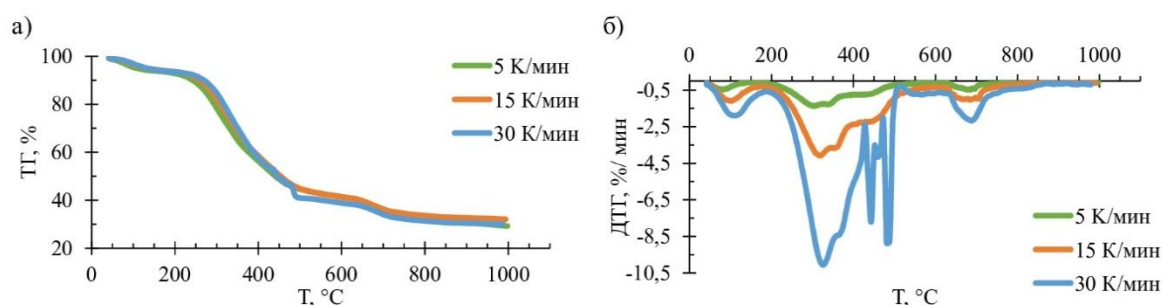


Рис. 1. Кривые полученные в результате ДСК и ТГА для образца с плотностью 1400-1600 кг/м³: а) ТГ, %; б) ДТГ, %/мин

По результатам ТГ всех фракций сделан вывод, что диапазоны значения w/w_0 для каждой фракции были различны: 1400-1600 кг/м³ от 0,60 до 0,95; 1600-1800 кг/м³ от 0,75 до 0,95; 1800-2280 кг/м³ от 0,800 до 0,975; 2280-2860 кг/м³ от 0,970 до 0,995. Зависимость $\ln[(-1/w_0)(dw/dt)]$ от $1/T$ для образца с плотностью 1400-1600 кг/м³ показана на рис. 2а.

Значения энергии активации приведены в табл. 1. Видно, что с ростом плотности фракций величина энергии активации снижается. Идентичность трендов полученных зависимостей (рис. 2б) свидетельствует о том, что погрешность, допущенная при осреднении ΔE , компенсируется в $\ln[Af(w/w_0)]$.

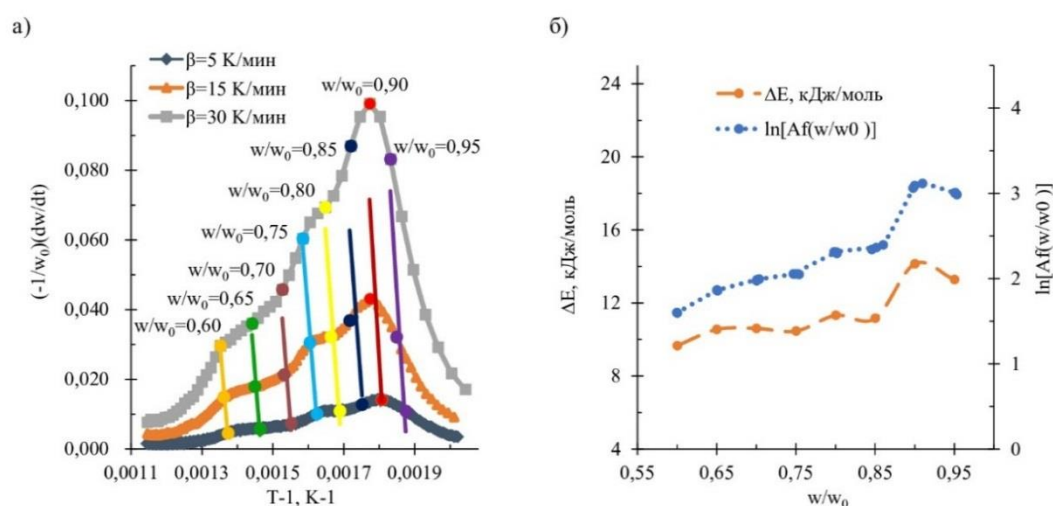


Рис. 2. Кривые, полученные по методу Фридмана, для фракции с плотностью 1400-1600 кг/ м³ : а) зависимость $\ln[(-1/w_0)(dw/dt)]$ от $1/T$; б) зависимость ΔE и $\ln[Af(w/w_0)]$ от w/w_0

Таблица 1

Энергия активации пиролиза торфа, разделенного на фракции, кДж/моль				
Фракция, кг/ м ³	1400-1600	1600-1800	1800-2280	2280-2860
ΔE , кДж/моль	11,133	10,905	5,822	0,446

Получены значения энергии активации фракции с различной плотностью из Суховского торфа: 1400-1600 кг/ м³ – 11 кДж/моль, 1600-1800 кг/ м³ – 11,13 кДж/моль, 1800-2280 кг/ м³ – 10,91 кДж/моль, 2280-2860 кг/ м³ – 0,45 кДж/моль. Отмечено что, с ростом плотности фракций значение энергии активации снижается.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№18-38-00648).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухушин, А. С. Исследование характеристик торфа после седиментального разделения по фракциям в жидкостях разной плотности / А. С. Сухушин, И. И. Шаненков, Р. Б. Табакаев. – Текст : непосредственный // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2018. – С. 105

2. Friedman, H. L. Kinetics of Thermal Degradation of Char-Forming Plastics from Thermogravimetry / H. L. Friedman. – Direct text // Journal of polymer science - 1964. - Vol. 21 – P. 183-195.

3. Snow, M. J. H. Direct sulfation of calcium carbonate / M. J. H. Snow, J. P. Longwell, A. F. Sarofim. – Direct text // Industrial and Engineering Chemistry Research. - 1988. - Vol. 27 – P. 268-273.

УДК 621.18

ОЧИСТКА ОТ НАКИПИ ВОДОТРУБНЫХ КОТЛОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Вахитова Р. И.¹, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Электро- и теплоэнергетика», roza-w@mail.ru

Сарачева Д. А.¹, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Электро- и теплоэнергетика», sarachevadiana85@mail.ru

Кунеевский В. В.², канд. техн. наук, kuneevskiyv.@mail.ru

¹г. Альметьевск, ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт»

²г. Бугульма

Аннотация. В данной работе описывается технология очистки водогрейных котлов от накипи и шлама в процессе их эксплуатации. Проведены испытания предлагаемой технологии в котельных установках. Положительные результаты испытаний показали возможность применения этого способа на практике.

Ключевые слова: водогрейный котел, накипь, дозатор комплексона, отложения солей кальция и магния.

Актуальной проблемой при эксплуатации котлов водогрейного типа является образование накипных отложений на рабочих поверхностях [1]. Вследствие низкой теплопроводности накипи и шлама ухудшается процесс теплопередачи, что в свою очередь способствует снижению экономичности теплосилового оборудования [2].

В процессе разработки технологии по очистке котельного оборудования ставились задачи: очистка от накипи водогрейных котлов без вывода их из работы; простота и доступность технологии очистки; использование недорогого отечественного оборудования; возможность предварительной очистки сточных вод с отбором теплоты [3-6].

Предлагаемый способ очистки включает в себя применение: газожидкостного сепарационного центробежного фильтра и мембранного расширительного бака, дозирующих устройств.

Авторами предлагается новая технология по очистке водотрубных котлов в процессе эксплуатации от накипи («отмывка на ходу») в котельных с закрытыми системами теплоснабжения (рисунок 1).

Данная технология позволяет удалять накипные отложения, состоящие из плохо растворимых отложений солей кальция и магния в водогрейных водотрубных котлах с температурой воды до 115°C, сформировавшуюся в процессе выработки тепловой энергии. При использовании данной технологии происходит существенная экономия топливных энергоресурсов и других затрат, по сравнению с другими технологиями отмывки котлов с выводом их из работы.

Для реализации на практике данной технологии разработана схема очистки водотрубного котла от накипи, где используются: шламоотделитель (фильтр), теплообменник утилизатор (вертикальный трубный) и дозатор комплексона.

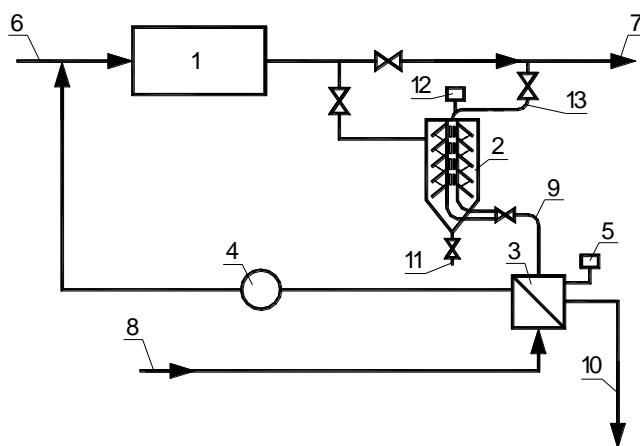


Рис. 1. Схема очистки водотрубного котла от накипи:

1 – очищаемый котел; 2 – шламоотделитель; 3 – теплообменник утилизатор (трубный вертикальный); 4 – дозатор комплексонов; 5 – виброакустический преобразователь; 6 – входящая в котел сетевая вода; 7 – подогретая сетевая вода; 8 – исходная вода для подпитки; 9 – промывочная вода; 10 – охлажденная продувочная вода; 11 – патрубок отвода шлама; 12 – воздушник; 13 – трубопровод для промывки фильтра.

Чтобы теплообменник не зашламлился применяется виброакустический преобразователь (ультразвуковой). Количество промывочной воды компенсируется соответствующим количеством подпиточной воды. Дозирование комплексонов как на стадии отмывки, так и на стадии защиты от коррозии осуществляется с помощью дозатора на подпиточной линии.

Эта технология очистки водогрейных водотрубных котлов была опробована в котельных установках Уральского региона, где основными составляющими накипи являлись карбонаты кальция и магния. Испытания подтвердили эффективность предлагаемой технологии. При этом доза комплексона подбиралась в зависимости от состава и толщины накипи и постепенно увеличивалась до тех пор, пока анализ промывочной воды не

показал значительное увеличение жесткости и содержания кальция и магния. Процесс очистки котлов происходил в течение нескольких недель в зависимости от толщины и состава накипи.

Проведенные испытания подтвердили эффективность данной технологии и показали высокую интенсивность растворения соединений магния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахитова, Р. И. Об анализе резервов энергосбережения / Р. И. Вахитова, И. К. Киямов. – Текст : непосредственный // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. – Альметьевск, 2016. - № 2. – С. 45-47.

2. К вопросу о потенциале энергосбережения / И. К. Киямов, Л. И. Киямова, Р. И. Вахитова [и др.]. – Текст : непосредственный // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию высшего нефтегазового образования в Республике Татарстан. – Альметьевск, 2016. - Т. 1. – С. 149-152.

3. Василенко, Г. В. О критерии эффективности эксплуатационной химической очистки котлов / Г. В. Василенко, И. М. Мещеряков, Г. М. Бовина. – Текст : непосредственный // Электрические станции. – 2008. - № 5. – С. 62-63.

4. Майданик, М. Н. Очистка поверхностей нагрева котлов / М. Н. Майданик, В. В. Васильев. – Текст : непосредственный // Электрические станции. – 2006. - № 7. – С. 29-32.

5. Аракелян, Э. А. Методика определения оптимального срока очистки наружных поверхностей нагрева котла / Э. А. Аракелян, М. Г. Хоссаин. – Текст : непосредственный // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2010. – № 2. – С. 25-29.

6. Ефремов, А. Д. Средства очистки котлов от накипи / А. Д. Ефремов. – Текст : непосредственный // Главный энергетик. – 2009. - № 4. – С. 44-46.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Заславский Е. А., магистрант, egor.zaslavsky@yandex.ru.

Блинов В. Л., канд. техн. наук, доцент, vithomukyn@mail.ru.

г. Екатеринбург, Уральский федеральный университет

Аннотация. Одной из основных мало затратных статей энергосберегающих мероприятий для эксплуатируемых газопроводов является оптимизация режимов работы компрессорной станции, которая сводится к реализации такого распределения нагрузки основного оборудования компримирования природного газа, которое обеспечивало бы оптимальную работу по какому-либо критерию. В данной работе представлен алгоритм расчета удельной мощности компрессорной станции магистрального газопровода, затрачиваемой на сжатие транспортируемого природного газа, а так же температуры природного газа в конце процесса сжатия.

Ключевые слова: удельная мощность, компрессорная станция, природный газ.

Для уменьшения энергозатрат на транспорт природного газа, необходимо оптимизировать режимы работы компрессорной станции (КС). Это невозможно осуществить без определения удельной мощности КС, которая позволяет найти оптимальное распределение нагрузки основного оборудования КС. В статье представлен алгоритм её определения.

В качестве входных параметров приняты: $Q_{\text{ком}}$ – коммерческий расход природного газа; T_1 , P_1 – температура и давление на входе КС; P_2 – давление на выходе КС; компонентный состав газа.

Рассчитывается степень сжатия природного газа на КС. Показатель адиабаты природного газа на входе в КС определяем согласно зависимости полученной в [1]:

$$k = 1,658 - 6,534 \cdot 10^{-3} \cdot T_1^{0,79} + 1,367 \cdot 10^{-7} \cdot p_1^{1,06} - 1,564 \cdot 10^{-7} \cdot T_1^{0,14} \cdot p_1 + 1,021 \cdot 10^{-5} \cdot T_1^{1,8} \cdot r_{\text{мет}}, \quad (1)$$

где T_1 – температура газа на входе в КС; p_1 – давление газа на входе в КС; $r_{\text{мет}}$ – молярная концентрация метана в долях единицы.

Производится подбор агрегатов, и режим их работы на КС способный обеспечить требуемый расход газа, после чего определяется средний КПД центробежных нагнетателей (ЦБН), которые будут запущены в работу. По известному составу природного газа определяются его критические параметры ($T_{\text{кр}}$ и $P_{\text{кр}}$) [3]:

$$P_{\text{кр}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{кр}_i}; T_{\text{кр}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{кр}_i}, \quad (2)$$

где $P_{\text{кр}_i}$, $T_{\text{кр}_i}$ – среднекритические параметры газа.

Приведенная температура на входе КС и давление на входе и выходе КС соответственно согласно [3]:

$$\tau_1 = \frac{T_1}{T_{кр}}; \pi_1 = \frac{P_1}{P_{кр}}; \pi_2 = \frac{P_2}{P_{кр}}. \quad (3)$$

Находим значение газовой постоянной природного газа [2]:

$$R = \frac{8,31451}{M}, \quad (4)$$

где M – молярная масса транспортируемого природного газа.

Температура на выходе из КЦ [2]:

$$T_2 = T_1 \cdot 10^{\frac{k-1}{k} \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \cdot \eta_{пол}}, \quad (5)$$

где $\eta_{пол}$ – политропный КПД ЦБН.

По известной температуре на выходе КС определяется приведенная температура на выходе КС. Значение коэффициента сжимаемости природного газа на входе и выходе КС [3]:

$$Z^3 - Z^2 - Z \left(\frac{a_1}{\tau} - \frac{a_2}{\tau^2} - \frac{a_3}{\tau^4} \right) \pi - \left(\frac{a_4}{\tau^2} - \frac{a_5}{\tau^3} + \frac{a_6}{\tau^5} \right) \pi^2 = 0; \quad (6)$$

где $a_1 - a_6$ коэффициенты уравнения состояния.

Коэффициент изотерм. сжимаемости на входе и выходе КЦ:

$$\frac{1}{Y} = 1 + \frac{1}{Z} \left[Z - 1 + \left(a_4 - \frac{a_5}{\tau} + \frac{a_6}{\tau^3} \right) \cdot \frac{\pi^2}{\tau^2 Z^2} \right]; \quad (7)$$

Коэффициент изобар. сжимаемости на входе и выходе КЦ:

$$X = \frac{Y}{Z} \left[\left(\frac{a_2}{\tau} + \frac{3a_3}{\tau^3} \right) \cdot \frac{\pi}{Z\tau} + \left(\frac{a_5}{\tau} - \frac{3a_6}{\tau^3} \right) \cdot \frac{\pi^2}{Z^2\tau^2} + Z \right] - 1; \quad (8)$$

Теплоемкость в идеальном состоянии на входе и выходе:

$$C_{p_0} = \frac{MC_{p_0}}{M}; \quad (9)$$

где $MC_{p_0} = a + bT + cT^2 + dT^3$, значения коэффициентов a_i, b_i, c_i, d_i компонентов природных газов приведены в [3].

Определяем поправку теплоемкости на входе и выходе КС:

$$\frac{\Delta C_p}{R} = \frac{Z(1+X)^2}{Y} + \frac{6a_3\pi}{Z\tau^4} - \frac{3a_6\pi^2}{Z^2\tau^5} - 1; \quad (10)$$

Теплоемкость на входе (C_{p1H}) и выходе (C_{p2H}) КС:

$$C_{p1H} = C_{p01} + \Delta C_{p1}; \quad (11)$$

Температурный показатель политропы:

$$m_T = \lg \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \cdot [\lg(\varepsilon_H)]^{-1}; \quad (12)$$

Показатель псевдоизоэнтропии:

$$\frac{K-1}{K} = \left[\frac{Cp_{cp}}{Z_{cp} \cdot R} - \frac{X_{cp}}{m_T} \right]^{-1} \quad (13)$$

Получив значение $\frac{K-1}{K}$ необходимо уточнить значение формулы температуры на выходе КЦ (до тех пор, пока значение $(\frac{K-1}{K})$ не будет отличаться на 0,0001).

Мощность, затрачиваемая на компримирование природного газа:

$$N = 4,0 \cdot \frac{K}{K-1} \cdot Z_{cp} \cdot (T_2 - T_1) \cdot Q_{ком}$$

Предложенный алгоритм был опробован на данных реальной станции. Расхождение температуры на выходе КС полученной по данному алгоритму со значением температуры измеряемой на КС составило 1,21 %, расхождение значения мощности необходимой на сжатие вычисленной по данному алгоритму с методикой [4] составило 0,19%. Данное расхождение можно считать приемлемым для технических расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Торопов, А. Ю. Регулирование и оптимизация режимов работы компрессорных станций магистральных газопроводов : 25.00.19 : дис. ... канд. техн. наук / А. Ю. Торопов ; РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина. - Москва, 2009. - 187 с. – Текст : непосредственный.
2. Ревзин, Б. С. Газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом / Б. С. Ревзин. – Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. - 269 с. – Текст : непосредственный.
3. Методические указания по проведению теплотехнических и газодинамических расчетов при испытаниях газотурбинных газоперекачивающих агрегатов : ПР 51-31323949-43-99 : утв. Управлением науки, новой техники и экологии ОАО «Газпром» : введ. в действие с 01.05.99. - Москва: ВНИИГАЗ, 1999. – 26 с. – Текст : непосредственный.
4. Методика определения норм расхода и нормативной потребности в природном газе на собственные технологические нужды магистрального транспорта газа : РД 153-39.0-112-2001 : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 26.12.01 : введ. в действие с 26.12.01. - Москва: ВНИИГАЗ, 2001. – 47 с. – Текст : непосредственный.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ ДЛЯ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Ибраева К. Т., аспирант, инженер-исследователь, kti1@tpu.ru

Шутова Е. В., магистрант, evs50@tpu.ru

Табакаев Р. Б., канд. техн. наук, научный сотрудник, TabakaevRB@tpu.ru

г. Томск, Томский политехнический университет

Аннотация. В работе рассмотрены особенности неорганического состава пшеничных отрубей, спекающегося при сжигании. Для изучения процесса спекания использован метод седиментационного разделения с целью получения фракции с различным содержанием минеральной части.

Ключевые слова: биомасса, минеральная часть, спекание зольного остатка седиментационное разделение.

При рассмотрении возможности энергетического использования биомассы посредством сжигания наблюдается ряд сложностей, приводящих к высоким эксплуатационным затратам [1]. Особенно стоит выделить, что при сжигании растительной биомассы происходит формирование на поверхностях нагрева котлов шлакозольных отложений в процессе преобразования ее минеральной части. В связи с этим для эффективного сжигания и переработки биомассы требуется изучение не только теплотехнических характеристик и элементного состава, но и минеральной части биомассы.

Целью настоящей работы является исследование минеральной части отходов мукомольного производства (на примере пшеничных отрубей) для определения возможности использования их в качестве топлива.

Объект исследования

Результаты показали, что пшеничные отруби имеют среднюю для биомассы зольность (6,9 %) [2]. Также теплота сгорания пшеничных отрубей ($Q_i^r = 16,6$ МДж/кг) обладает относительно низким значением для биомассы. Нелетучий остаток, полученный после определения выхода летучих из пшеничных отрубей при 900 °С без доступа воздуха, имел сплавленный вид.

Минеральная часть отрубей

В ходе рентгенофлуоресцентного анализа пшеничных отрубей было выявлено, что наибольшее содержание среди элементов наблюдается у натрия, магния, калия, а содержание железа и кальция относительно мало (не превышает 0,1 %) (табл.1).

Оценивая результаты характерных температур плавкости золы (табл. 2), можно отметить низкие значения плавкостных характеристик золы

пшеничных отрубей. Для определения особенностей распределения элементов в золе на основе рентгенофлуоресцентного анализа использовали образцы фракций пшеничных отрубей, полученные посредством седиментационного разделения в жидкостях различной плотностью (от менее 1400 до более 1490 кг/м³) (табл.2).

Таблица 1

Содержание элементов в пшеничных отрубях

Исследуемый образец	Содержание элемента, %								
	Na	Mg	Al	K	P	Cl	Ca	Fe	Si
Отруби	1.603	1.465	1.053	1.119	0.255	0.299	0.101	0.025	0.141

Таблица 2

Характеристики пшеничных отрубей и фракций после седиментационного разделения

Характеристики	Исследуемые образцы				
	Исходные отруби	Фракция, кг/м ³			
		<1400	1400-1450	1450-1490	>1490
Зольность A^d , %	6.9	2.94	4.50	3.20	9.23
Выход фракций, %	100	8	24	55	13
Характерные температуры плавкости золы, °C	$t_A=780$; $t_B=820$; $t_C=860$;	$t_A=905$; $t_B=1100$; $t_C=1135$;	$t_A=755$; $t_B=765$; $t_C=780$;	$t_A=780$; $t_B=870$; $t_C=920$;	$t_A=740$; $t_B=765$; $t_C=780$;

Отмечено, что фракции с плотностью <1400 кг/м³ и 1450-1490 кг/м³ имеют более высокие значения характерных температур плавкости золы по сравнению с золой исходных пшеничных отрубей. Например, температура t_C золы фракции плотностью <1400 кг/м³ превышает на 270 °C значение этой температуры для исходных пшеничных отрубей; значение t_C для фракции плотностью 1450-1490 кг/м³ – выше на 70 °C, соответственно. Характерные температуры плавления остальных фракций (1450-1490 и >1490 кг/м³) имеют более низкие значения относительно исходных пшеничных отрубей.

В таблице 3 приведены результаты распределения элементов в пшеничных отрубях после фракционного разделения по плотностям.

Таблица 3

Распределение элементов в пшеничных отрубях после фракционного разделения

Фракция, кг/м ³	Содержание элемента, %								
	Na	Mg	Al	K	P	Cl	Ca	Fe	Si
<1400	2.564	1.831	0.801	0.533	0.214	0.201	0.121	0.027	0.020
1400-1450	2.428	1.643	0.996	0.607	0.294	0.209	0.079	0.021	0.012
1450-1490	1.977	2.081	0.675	0.484	0.226	0.181	0.068	0.021	0.025
> 1490	1.903	1.247	2.061	1.108	0.747	0.198	0.102	0.048	0.200

Видно, что с ростом плотности фракций содержание натрия снижается, доля остальных элементов изменяется без четко выраженной закономерности. Можно отметить схожие зависимости для кальция и железа, ка-

лия и алюминия, фосфора и хлора. Это указывает на связь этих элементов между собой.

На рис. 1 представлены зольные остатки фракций из пшеничных отрубей, полученные при температуре 815 °С. Как видно, в процессе горения у некоторых проб произошло плавление зольного остатка с последующим образованием прозрачного налета на поверхности лодочки. Такого рода спекание можно заметить у золы фракций плотностью 1400-1450 кг/м³ и >1490 кг/м³. При сравнении содержания кальция в различных фракциях пшеничных отрубей можно заметить, что фракция с плотностью >1490 кг/м³ имеет более высокое содержание кальция ($Ca_{>1490} = 0.102\%$), чем фракция с плотностью 1450-1490 кг/м³ ($Ca_{1450-1490} = 0.068\%$). Наряду с этим наблюдается высокое значение калия в фракции с плотностью >1490 кг/м³, что, по-видимому, и приводит к спеканию зольного остатка.

Таким образом, можно прийти к выводу, что рассматриваемое соотношение Са/К оказывает влияние на сплавление зольного остатка при сжигании. Высокое значение выявлено в фракции плотностью <1400 кг/м³ (0,23), имеющей порошкообразный вид зольного остатка. Самое низкое значение соотношения Са/К в фракции плотностью >1490 кг/м³ ($Ca/K > 1490 = 0.09$), для которой наблюдается сплавление золы.



Рис.1. Зольный остаток различных фракций пшеничных отрубей после сжигания при 815°С

Установлено, что при сжигании отрубей ключевым фактором, от которого зависит спекание зольного остатка, является соотношение Са/К. Результаты показывают, что при соотношении (Са/К) свыше 0.23 спекание золы не происходит.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 19-38-90148)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Biomass combustion in fluidized bed boilers: Potential problems and remedies / A. A. Khan, W de Jong, P. J. Jansens, H. Spliethoff. – Direct text // Fuel Processing Technology. - 2009. - № 90. - С. 21-50.

2. Ash contents and ash-forming elements of biomass and their significance for solid biofuel combustion / S. V. Vassilev, C. G. Vassileva, Y. Song [et al.]. – Direct text // Fuel. - 2017. - Т. 208. - С. 377-409.

УДК 697.343

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРОЗИЙНОГО ИЗНОСА ТЕПЛОПРОВОДОВ

Куриленко Н.И.¹, канд. физ.-мат. наук, доцент, Kurilenkoni@tyuiu.ru
Кузьменко К.Е.^{1,2}, аспирант, ведущий инженер отдела тепловых режимов, KuzmenkoKE@suenco.ru

¹Г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

²Г. Тюмень, АО «СУЭНКО»

Аннотация. В данной научно-исследовательской работе приведены существующие и разрабатываемые методы определения коррозионного износа сетей теплоснабжения, изоляционного покрытия трубопроводов. Выполнено сравнение и определение целесообразности применяемых методов проведения испытаний, для обнаружения коррозионного износа. Актуальность данной темы представлена к рассмотрению в контексте действующего нормативно-технического законодательства РФ к проведению испытаний на тепловых сетях ресурсоснабжающих организаций. На основании полученных данных можно оценить имеющийся потенциал тех или иных методов проведения испытаний, а также сравнить степень возникающих затрат.

Ключевые слова: Теплоснабжение, теплоэнергетика, трубопроводы, испытания.

Особое внимание ресурсоснабжающих организаций должно уделяться определению состояния существующих тепловых сетей и сопутствующего оборудования, на балансе предприятия.

На основании действующего законодательства, ПТЭ ТЭ (п. 6.2.32) предписывают обязательное проведение испытаний на максимальную температуру теплоносителя, определение тепловых, гидравлических потерь при транспортировке теплоносителя. Нормативно-техническая документация не предусматривает определенных требований к методикам проведения данных испытаний. Перечень возможных способов определения состояния внутренних стенок трубопровода и тепловой изоляции, представлен в табл. 1.

Технологические методы проведения испытаний на сетях теплоснабжения и ГВС дают достоверную информацию по итогам их проведения, однако проводятся с привлечением сторонних подрядных организаций, либо с помощью дорогостоящего ультразвукового или зондирующего

оборудования, что не всегда является доступным для региональных ресурсоснабжающих организаций.

Таблица 1

Методы диагностирования тепловых сетей

Мероприятие, №	Определение фактических гидравлических сопротивлений	Определение фактических тепловых потерь
1	Методические (на основании РД 34.20.519-97)	Методические (на основании РД 34.09.255-97)
2	Технологическое обследование (Ультразвуковое зондирование)	Технологическое обследование (Тепловизионный анализ)

Существующие методики проведения испытаний, отображенные в РД 34.20.519-97 и РД 34.09.255-97 позволяют проводить испытания тепловых сетей средствами эксплуатирующей организации, однако устанавливают невыполнимые значения расхода теплоносителя во время проведения динамической фазы испытаний регламентируемые формулой №1.

$$G = \frac{Q_u}{c \cdot \Delta t_u}$$

где G – расчетный расход воды в циркуляционном кольце во время испытаний; Q_u – расчетный параметр расхода теплоносителя; c – удельная теплоемкость сетевой воды; Δt_u – перепад температур между подающим и обратным контурами.

Расчетные параметры расхода теплоносителя, определенные данным способом, обеспечивают заниженный, по сравнению с рабочим, расход. Для обеспечения данного расхода необходима частотная регулировка насосного оборудования, не предусмотренная в существующих квартальных котельных.

В качестве примера предложен расчет испытаний на тепловые потери в г. Ялуторовск, проведенный в межотопительный период 2019г.

На основании расчетных данных, расход при проведении испытаний, составил $G_{и} = 1,72 \text{ м}^3/\text{ч}$, в то время как рабочий насос, установленный на выбранной котельной обеспечивает $G_{раб.} = 300 \text{ м}^3/\text{ч}$, установленный на трубопроводе Ду 300мм.

Ввиду отсутствия альтернативных доступных методов проведения испытаний на тепловые потери, без привлечения дорогостоящего оборудования, актуален вопрос о рассмотрении методики для проведения соответствующих испытаний.

К рассмотрению предложена методика расчета тепловых потерь, на основании расчета температуры поля грунта, воздушного камерного пространства или температуры наружного воздуха, в зависимости от типа прокладки испытываемого участка трубопровода.

К учетным данным относятся:

$T_{гр}$, оС – температура грунта (для подземной прокладки), на момент проведения испытаний. Возможно получение данных с ссылкой на нормативную литературу;

$T_{н.в.}$ оС - температура наружного воздуха (для надземной прокладки), на момент проведения испытаний.

T_1 , T_2 оС – параметры температуры подающего и обратного теплоносителя;

t , мин – время проведения испытаний, замер времени динамической части испытаний;

$R_{1,2,...,n}$ – температурное сопротивление теплоизоляционного слоя (с учетом стенки трубопровода, защитного слоя).

Основные этапы проведения испытаний:

1. Расчет нормативного остывания теплоносителя, на основании данных технического паспорта, данных от завода изготовителя на тепловую изоляцию, не подверженную эксплуатационному износу;

2. Установка поверенных средств измерений (контактных манометров и термометров) вначале и конце испытываемого участка;

3. Этап прогрева теплогенерирующего оборудования и температурного поля изоляционного покрытия, грунта;

4. Достижение заданных параметров, на основании установленных КИП;

5. Замеры и фиксация остывания теплоносителя;

6. Определение и сравнение коэффициента остывания теплоизоляционного слоя не подверженного эксплуатационному износу и фактический коэффициент остывания теплоносителя.

7. Вывод о состоянии теплоизоляционного покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок: утв. приказом М-ва энергетики N115 Рос. Федерации 24.03.03 : ввод в действие с 01.10.03. – Москва : 2003 – 151 с. – Текст : непосредственный.

2. Методические указания по испытанию водяных тепловых сетей на гидравлические потери : РД 34.20.519-97 : утв. Департаментом науки и техники РАО «ЕЭС России» 24.04.97 : ввод в действие с 01.01.98. – Москва : 1989. – 14 с. – Текст : непосредственный.

3. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях : РД 34.09.255-97 : утв. Департаментом науки и техники РАО «ЕЭС России» 24.04.97 : ввод в действие с 01.01.98. – Москва : 1989 – 18 с. – Текст : непосредственный.

4. Наладка и эксплуатации водяных тепловых сетей: справочник / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хин и [др.]. – Москва : Стройиздат, 1988. – 432 с. – Текст : непосредственный.

ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Махотин Д. Л., магистрант, vogerj@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье описаны ключевые характеристики твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), такие как принцип работы, конструкция, различия исполнений ТОТЭ. Выявлены преимущества и недостатки ТОТЭ перед другими видами топливных элементов. Указаны проблемы на пути широкого использования данной технологии и примеры применения и разработок установок на базе ТОТЭ в наше время.

Ключевые слова: твердооксидные топливные элементы, ТОТЭ.

На сегодняшний день существует много установок, производящих энергию для использования человеком. Например: турбоагрегаты, фотоэлектрические установки, ветряки, дизельные и бензиновые двигатели и т.д. Все они различаются по материалам, из которых они изготавливаются, и способу превращения первичной энергии в полезную работу. Установки на основе топливных элементов (ТЭ) – один из таких вариантов. В связи с малым вниманием к данному виду генераторов существует необходимость в освещении этой технологии, как со стороны эффективности выработки электроэнергии, так и усовершенствования существующих традиционных генераторов.

На сегодняшний день наиболее известны следующие ТЭ: метанольные, щелочные, с протонно-обменной мембраной, твердооксидные, фосфорнокислые и на основе расплавленного карбоната. Каждый из них различается температурой работы, носителями заряда, возможным топливом и материалом самих компонентов генератора [1].

Принцип работы любого ТЭ заключается в следующем: на разделенные электролитом контакты подается топливо и окислитель, где молекулы веществ распадаются на ионы и электроны, создающие ток в замкнутой цепи. Как можно заметить, с ТЭ схожи аккумуляторы, с тем отличием, что под аккумулятором понимается и сам генератор, и запасенное топливо для работы, а ТЭ – только лишь генератор. Таким образом минимальное необходимое условие для выработки электроэнергии топливным элементом – постоянная подача топлива.

Сами топливные элементы состоят из трех составляющих – анода, катода и электролита. У низкотемпературных ТЭ анод и катод всегда находятся в активном состоянии, благодаря платине в составе электродов, и могут генерировать электроэнергию в сеть при условии подачи на них топлива с окислителем почти сразу. Высокотемпературные требуют разо-

грева для пуска, но могут работать не только на чистом водороде, но и других видах топлив (природный газ, нефтепродукты). Наиболее перспективным является твердооксидный топливный элемент: высокотемпературный, не требует платины для производства, менее требователен к качеству восстановителя и окислителя, в качестве топлива может использовать угарный газ.

Составляющие именно твердооксидного топливного элемента (ТОТЭ) выполнены из кермета – тонких слоев запеченных порошков различного состава, таких как цирконий, стабилизированный иттрием, церий с гадолинием и добавками к ним скандия, никеля, лантана, стронция. При этом толщина одного такого элемента не превышает миллиметра. На данный момент наиболее распространены две конструкции – планарная и трубчатая. Планарное исполнение подразумевает под собой анод и катод, запеченные на плоском электролите необходимых размеров. Трубчатая представляет собой цилиндр из вышеуказанных составляющих. Так, планарные ТОТЭ проще в производстве и обслуживании, но менее крепки и долговечны чем трубчатые из-за геометрии несущего слоя – электролита. Конструкция трубчатых крепче, что позволяет снизить толщину электролита, увеличив его пропускную способность – следовательно, и максимально возможную мощность. Тем не менее, компоновать вместе удобнее именно планарные элементы[2].

Так как производительность одного ТЭ довольно мала, их компонуют в ячейки, выполненные в едином корпусе с индивидуальными ходами топлива и окислителя к каждому генерирующему элементу. Этот факт означает следующее: относительная легкость обслуживания и замены вышедших из строя ячеек целиком или отдельных элементов. Таким образом частично или полностью вышедший из строя ТЭ при снижении мощностных характеристик можно заменить, не останавливая всю установку целиком, а лишь отключив ячейку, содержащую в себе заменяемый ТЭ.

Как говорилось ранее – топливный элемент работает на отдельных потоках топлива и окислителя. В случае ТОТЭ это означает: недопущение образования вредных веществ, возможность более простого сбора отходов при использовании отличных от чистого водорода топлив. ТОТЭ является высокотемпературным, что позволяет задуматься об использовании его в когенерационных установках, которые позволяют полезно утилизировать тепло, отводимое от ТЭ с продуктами работы.

На данный момент твердооксидные топливные элементы все же имеют в себе множество недостатков. Низкий ресурс работы, обусловленный деградацией компонентов из-за эрозии тонких слоёв. Высокая чувствительность ТОТЭ к перепадам температуры приводит к медленным пуску и останову. Большие габариты установок и как следствие - низкая удельная мощность. Высокие энергозатраты на производство элементов.

Несмотря на вышеуказанные проблемы, разработкой энергоустановок на ТОТЭ занимаются и по сей день. Важность данной технологии заключается в возможности более экологично перерабатывать углеводородное топливо и создавать «зеленые» системы наряду с ветро- и фотогенераторами. Так выпускаются новые патенты[3],[4], а уже существующим находят новые применения. Наиболее известное применение ТОТЭ - противокоррозионная защита газопроводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин. — Москва : Издательство МЭИ, 2005. - 280 с. — Текст : непосредственный.

2. Липилин, А. С. ТОТЭ и энергосистемы на их основе: состояние и перспективы / А. С. Липилин. — Текст : электронный // Электрохимическая энергетика. — 2007. — № 2. — URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/tote-i-energositemy-na-ih-osnove-sostoyanie-i-perspektivy> (дата обращения : 14.11.2019).

3. Пат. 2662227 Российская Федерация, МПК H01M8/12 H01M8/122. Высокоактивная многослойная тонкопленочная керамическая структура активной части элементов твердооксидных устройств : № 2016115408 : заявл. 20.04.2016 : опубл. 25.07.2018 / Липилин А. С., Шкерин С. Н., Никонов А. В., Гырдасова О. И., Спириин А. В., Кузьмин А. В. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (ИЭФ УрО РАН). - Текст : непосредственный.

4. Пат. 2655671 Российская Федерация, МПК H01M8/12 H01M8/24 H01M8/243. Батарея трубчатых твердооксидных элементов с тонкослойным электролитом электрохимического устройства и узел соединения трубчатых твердооксидных элементов в батарею (варианты) : № 2016138387 : заявл. 27.09.2016 : опубл. 29.05.2018 / Спириин А. В., Липилин А. С., Паранин С. Н., Никонов А. В., Хрустов В. Р., Иванов В. В. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (ИЭФ УрО РАН). - Текст : непосредственный.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ КОТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Семянникова О. Г., канд. экон. наук, доцент, semjannikovaog@tyuiu.ru.

Андрюшенкова Д. Д., магистрант, dasha-andrjushenkova@rambler.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Со временем, без необходимого ухода и неправильной эксплуатацией котельного оборудования, установки теряют свою производительность. Исследования аналитиков говорят о плачевном состоянии котельного оборудования по стране и износе более 70 % теплоносителей. Избежать этого позволяют постоянные техосмотры, капитальные ремонты и замена поврежденного оборудования. Важнейшей частью процесса повышения эффективности использования энергетических ресурсов является техническое перевооружение котельной.

Ключевые слова: техническое перевооружение, эффективность, котельное оборудование.

Повышение энергоэффективности является приоритетной целью стратегического развития национальной экономики нашей страны. Эффективность современного промышленного предприятия (ПП) неразрывно связана с уровнем развития используемой техники и технологии, эффективностью использования энергетических ресурсов и соблюдении требований экологической безопасности.

Длительная и неправильная эксплуатация и уход за котельным оборудованием приводит к снижению его производительности и, одновременно, значительному росту необходимого объема средств и ресурсов. По данным аналитиков [3] состояние котельного оборудования по стране в катастрофическом состоянии, поскольку износ превышает 70% теплоносителей.

Важнейшей частью процесса повышения эффективности использования энергетических ресурсов является техническое перевооружение котельной на ПП.

Техническое перевооружение (ТП) – это комплекс мероприятий по повышению технико-экономического уровня отдельных производств, на основе внедрения передовой техники и технологии [2]. Целью ТП является повышение интенсивности производства, увеличение производственных мощностей и прочих технико-экономических показателей ПП.

Техническое перевооружение котельных включает в себя проведение таких работ, как капитальный ремонт, замена оборудования, системы автоматизации, а также других устройств и элементов. При этом предполагается

использование самых передовых технологий, инноваций в сфере автоматизации и теплотехники.

Слуцкий В.А. [4] делает выводы, что ТП действующих производств имеет важнейшее значение в современных условиях и должно стать ведущим механизмом решения задачи обновления производственных фондов российской промышленности.

В качестве примера рассмотрим ТП котельной завода «Металлист» [5]. Проект предусматривал покупку нового оборудования для замены устаревшего. Выполнение данного проекта создало рост производительности труда, усовершенствование и повышение энергоэффективности в организации. Также средняя заработная плата рабочего персонала увеличилась на 20%, а производительность - на 40%.

Еще один проект для примера – это ТП котельной в Волгоградской области. Замена технологически изношенного оборудования снизила риски коммунальных аварий и перебоев с обогревом и повысила надежность теплоснабжения населения.

Безусловно, техническое перевооружение - процесс не простой. Во-первых, ТП осуществляется строго в соответствии с действующим законодательством. Основными действующими правовыми документами являются Градостроительный кодекс и № 116-ФЗ [6]. Любые изменения в технологии, в первую очередь, должны быть отражены в проектной документации и только после прохождения экспертизы промышленной безопасности и получения положительного заключения возможна его практическая реализация.

Во-вторых, благодаря прогрессу постоянно появляется новое оборудование, что, с одной стороны, позволяет производить поэтапную замену устаревшего оборудования, однако требует «быть в курсе» всех инноваций на рынке котельного оборудования.

В-третьих, серьезным вопросом остается для руководства промышленного предприятия оценка эффективности всех предполагаемых мероприятий по техническому вооружению действующей котельной.

Фомина И. Г. [6] отмечает, что в проектах ТП традиционный метод дисконтирования для оценки эффективности обычно не применяется, поскольку в таких случаях субъект инвестирования – не финансовый инвестор, а руководство предприятия. В научной работе определены состав инвестиций на ТП, расходы и доходы, предложена финансовая модель проекта.

Наиболее глубоко концептуальные проблемы ТП исследованы Сухаревым [1]. Он считает, что при анализе результатов ТП особое внимание следует уделить определению эффектов, обеспечиваемых снижением себестоимости. Однако результаты ТП не сводятся к снижению себестоимости, но и, зачастую, снижение себестоимости, в прямом его понимании, отсутствует. С позиций теории ресурсного обеспечения стратегического разви-

тия необходимо системно учитывать энергию результатов реконструкции, в том числе эффекты изменения себестоимости, повышения и эффекты формирования факторов ресурсного обеспечения стратегической конкурентоспособности [1].

Итак, техническое перевооружение котельной промышленного предприятия обеспечивает не только безопасность, функциональность, надежность, продуктивность и энергосбережение, а также позволяет снизить различные статьи затрат предприятия, способствует росту производительности труда и эффективности производства в целом.

Выбор оптимального метода ТП для существенного повышения энергетической эффективности котельного оборудования и оценка эффективности данных мероприятий для ПП является направлением дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухарев, О. С. Экономика технологического развития / О. С. Сухарев. – Москва : Финансы и статистика, 2008. – 480 с. – Текст : непосредственный.

2. Реконструкция зданий и сооружений : учебное пособие для строительных специальностей вузов / А. Л. Шагин, Ю. В. Бондаренко, Д. Ф. Гончаренко, В. Б. Гончаров. – Москва : Высшая школа, 1991. – 352 с. – Текст : непосредственный.

3. Заушинцева, Б. А. Промышленность : Субсидия на обновление / Б. А. Заушинцева. – Текст : непосредственный // Эксперт Сибирь. – 2015. – № 10. - С. 4-5.

4. Слуцкий, В. А. Техническое перевооружение – назревшая проблема российской промышленности / В. А. Слуцкий, Ф. С. Константиноват. – Текст : непосредственный // Вестник технической промышленности. – 2016. – № 6. - С. 40-44.

5. Денисов, Д. А. Энергия для бизнеса / Д. А. Денисов. – Текст: непосредственный // Бизнес-журнал. - 2015. – № 12. – С. 14-15.

6. Фомина, И. Г. Методика расчета экономической эффективности инвестиционных проектов технического перевооружения производства / И. Г. Фомина. – Текст : непосредственный // Экономика и управление народным хозяйством. - 2016. - № 3. - С. 50-55.

7. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : Федеральный закон № 116-ФЗ [принят Государственной думой 8 февраля 2017 года : одобрен Советом Федерации 15 февраля 2017 года]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2018. – 56 с. ; 20 см. – 1000 экз. – ISBN 978-5-6041414-5-8. – Текст : непосредственный.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Степанов О. А., д-р техн. наук., профессор, заведующий кафедрой ТЭ, stepanova@tyuiu.ru.

Рыдалина Н. В., аспирант, rydalina@rambler.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Использование пористых металлов при изготовлении теплообменных аппаратов позволяет сделать теплообменные аппараты более компактными и эффективными. С целью изучения влияния пористых металлов на интенсивность теплообмена создана экспериментальная установка, состоящая из двух контуров с горяч и холодным теплоносителями. Цель исследования – получить экспериментальное подтверждение гипотезы об увеличении интенсивности теплообмена при использовании пористых металлов. Для достижения поставленной цели были проведены эксперименты, позволяющие сделать вывод об увеличении интенсивности теплообмена. Произведена обработка экспериментальных данных и сделаны выводы о возможности создания теплообменных аппаратов с использованием пористых металлов.

Ключевые слова: Пористый металл, увеличение теплообмена, теплообменник.

Увеличение интенсивности теплообмена является одной из главных задач при изготовлении современного теплообменного оборудования. Одним из перспективных способов увеличения теплообмена является использование в теплообменных аппаратах пористых металлов.

В Тюменском индустриальном университете разработана и создана установка для исследования эффективности применения таких материалов.

Объектом исследования является процесс теплообмена в теплообменниках типа «жидкость - газ» с фазовым переходом теплоносителя и без фазового перехода.

Теоретической основой создания теплообменника типа «вода - газ» с фазовым переходом теплоносителя являются исследования Попова И. [1]

В данной работе рассматривается конструкция теплообменного аппарата, в котором используется пористый алюминий. Сквозь поры протекает теплоноситель – фреон, второй теплоноситель - охлаждаемая вода течет по трубкам, которые проходят внутри пористого металла.

Теплообменник представляет собой совокупность из 19 медных трубок для течения воды, на которые одеты четыре цилиндрические вставки из пористого алюминия. Всего теплообменников три. В первом теплообменнике пористость вставок 0,4903, во втором теплообменнике пористость вставок 0,4865 и в третьем теплообменнике пористость вставок 0,4739.

Пористые вставки представляют собой цилиндры из пористого алюминия высотой 50 мм и диаметром 49 мм. Каждая вставка имеет 19 отверстий диаметром по 6 мм, для трубок по которым движется вода. Сквозь поры вставки движется фреон.

Экспериментальная установка состоит из двух контуров. Первый контур с водой, оборудован насосом, котлом для подогрева воды, а так же измерительно-вычислительным комплексом, позволяющий с разрешением по времени 3 с. отслеживать изменение температуры воды и следить за массовым расходом. Второй контур - испарительная часть, в которую заливается фреон R404a.

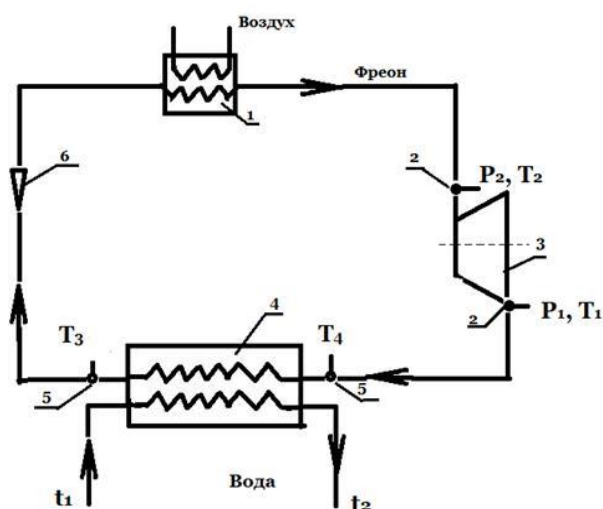


Рис. 1. Принципиальная схема фреонового контура установки:
1 – конденсатор, 2 – термоманометр, 3 – компрессор, 4 – испаритель,
5 - датчик температуры, 6 – дроссель.

Фреоновый контур (рис.1) оборудован средствами измерения температуры, а также измерения давления фреона на входе и выходе в компрессор.

Эксперименты проводились на каждом из трех имеющихся теплообменников при постоянном значении расхода воды. При этом фиксировалась температура воды на входе и выходе в теплообменный аппарат, а также температура фреона на входе и выходе. Расход воды измерялся контрольно-измерительным устройством. С целью исключения случайных погрешностей, при каждом изменении расхода, показания изменения температуры снимались по 10 раз. В результате был получен массив данных, позволяющий оценить интенсивность теплообмена. Обработка результатов проведенного цикла испытаний свидетельствует о целесообразности применения пористых металлов в теплообменном оборудовании.

Поставлена задача разработать математическую модель, позволяющую определить температуру теплоносителя в любом поперечном сечении

теплообменного аппарата. Применение стандартных методов расчета теплообменных аппаратов в данном случае невозможно, так как неизвестна внутренняя поверхность пор. Была составлена упрощенная математическая модель такого теплообменника, позволяющая получить решение в удобном для инженерных расчетов аналитическом виде:

$$\frac{d^2t}{dx^2} - \frac{G_g \cdot c_{pg}}{\lambda_g \cdot (1-p)} \cdot \frac{dt}{dx} + \frac{\alpha \cdot (t_g - t) \cdot S}{\lambda_g \cdot (1-p) \cdot V_g} = 0 \quad (1)$$

где $G_g \cdot c_{pg}$ – водяной эквивалент фреона; V_g – объем пористых вставок; α – коэффициент теплоотдачи от медной стенки к воде; t_b , t – температура воды, температура фреона при данном значении x ; λ_b – коэффициент теплопроводности алюминиевой вставки; p – коэффициент пористости; S – площадь внешней поверхности медных трубок.

Было получено решение дифференциального уравнения при условии, что $t_b - t = \text{const}$.

Условия однозначности:

$$0 \leq x \leq h, t(0) = t_{c1}, t(h) = t_{c2} \quad (2)$$

Краевая задача (1-2) решена стандартными методами и получена функция изменения температуры пористого металла теплообменника вдоль оси x :

$$t = t_{c1} + \frac{\alpha \cdot (t_g - t) \cdot S}{G_g \cdot c_{pg} \cdot V_g} \cdot x + \left(e^{\frac{G_g \cdot c_{pg}}{\lambda_g \cdot (1-p)} x} - 1 \right) \cdot \frac{t_{c2} - t_{c1} - \frac{\alpha \cdot (t_g - t) \cdot S}{G_g \cdot c_{pg} \cdot V_g} \cdot h}{e^{\frac{G_g \cdot c_{pg}}{\lambda_g \cdot (1-p)} h} - 1} \quad (3)$$

Проведенные на основе этой модели численные расчеты сопоставлялись с экспериментальными данными. Получено совпадение опытных и расчетных значений в пределах погрешности эксперимента.

Результаты проведенных опытов свидетельствуют о целесообразности применения пористых металлов в теплообменном оборудовании. Полученный аналитический метод позволяет проводить расчеты в том случае, когда площадь поверхности теплообмена неизвестна и позволяет одновременно учитывать теплоемкость и теплоту фазового перехода фреона, если таковой имеет место.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидродинамика и теплообмен в пористых теплообменных элементах и аппаратах. Интенсификация теплообмена : монография / ред. Ю. Ф. Гортышов. – Казань : Центр инновационных технологий, 2007. – 240 с. – Текст : непосредственный.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ ВОВЛЕЧЕНИЯ БИОМАССЫ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС

Табакаев Р. Б., канд. техн. наук, научный сотрудник, TabakaevRB@tpu.ru
Астафьев А. В., аспирант, инженер, ava31@tpu.ru
Зиза Н. А., студент, naz12@tpu.ru
г. Томск, Томский политехнический университет

Аннотация. В работе представлены варианты применения термической обработки биомассы (на примере пшеничных отрубей), позволяющие получить твердое и газообразное энергетическое топливо. Температурный диапазон переработки составляет 120-500 °С.

Ключевые слова: биомасса, термическая переработка, энергетическое топливо.

Вовлечение ресурсов биомассы в топливно-энергетический баланс позволяет существенно снизить выбросы золы и вредных оксидов (SO_x , NO_x и CO) от энергетических объектов, способствуя улучшению экологических показателей выработки тепло- и электроэнергии. При сжигании биомассы выделяется столько же парниковых газов, сколько выделилось бы при её естественном распаде в природных условиях, что позволяет рассматривать её как CO_2 -нейтральный ресурс.

Однако на примере Европейского союза, являющегося одним из лидеров по использованию биомассы, можно заметить, что доля биомассы в выработке электроэнергии не превышает одной пятой доли от всего количества производимой энергии [1]. Основной причиной этого являются эксплуатационные проблемы, связанные с низкими теплотехническими характеристиками и образованием шлака, загрязнением поверхностей нагрева котлов при сжигании биомассы. Эти проблемы особенно остро стоят при использовании растительных видов биомассы.

Перспективным направлением, позволяющим существенно увеличить долю биомассы в топливно-энергетическом балансе, является её термическая переработка в различные виды топлива (жидкое, твердое, газ).

Целью работы является исследование различных вариантов термической переработки и её параметров для получения энергетического топлива.

Пшеничные отруби

Результаты определения характеристик пшеничных отрубей (табл. 1) показали, что их зольность (6,9%) сопоставима со средней зольностью травянистой и сельскохозяйственной биомассы (8,0%) [2]. Отруби даже при достижении воздушно-сухого состояния имеют относительно низкую для биомассы теплоту сгорания (16,6 МДж/кг). Значительный выход летучих веществ (81%) свидетельствует о термической нестабильности отрубей и

их высокой реакционной способности при сжигании. Исследуемое сырье практически не содержит серы (0,07 %), что обеспечит низкое значение количества выбросов оксидов серы (SO_x) при его сжигании даже при отсутствии сероочистки дымовых газов.

Таблица 1

Теплотехнические характеристики исследуемых отрубей

Сырье	Влажность W^a , %	Зольность A^d , %	Выход летучих веществ V^{daf} , %	Низшая теплота сгорания Q_i^r , МДж/кг	Элементный состав в пересчете на сухую беззольную массу, %				
					C^{daf}	H^{daf}	N^{daf}	S^{daf}	O^{daf}
Отруби	8,6	6,9	81,0	16,6	49,14	6,66	3,30	0,07	40,83

Однако плавкостные характеристики имеют низкие значения: температура перехода в жидкоплавкое состояние (t_c) составляет 860 °С. Столь низкие значения плавкостных характеристик золы приведут к образованию отложений при сжигании пшеничных отрубей.

Твердое топливо

При получении твердого топлива отруби могут выступать, как в качестве основного сырья, из которого формируется брикетное топливо или пеллеты (рис. 1а), так и в качестве добавки, выступающей в роли связующего вещества, например, к каменноугольной пыли (рис. 1б). Изготовление данного топлива требует термического прессования при следующих параметрах: усилие – 5 тонн, температура нагрева – 120-160 °С. Доля отрубей, используемых в качестве связующего вещества, в процессе получения угольных пеллет составляет 4% и выше. В этом случае прочность пеллет на сбрасывание согласно ГОСТ 21289 превышает 99%.

Газообразное топливо

Получение газообразного топлива из отрубей осуществлялось посредством низкотемпературного пиролиза (температура 500 °С) Рассмотрено 2 режима пиролиза – медленный (скорость нагрева 10 °С/мин.) и быстрый (скорость нагрева 500 °С/мин.). Материальные балансы переработки приведены в табл. 2.

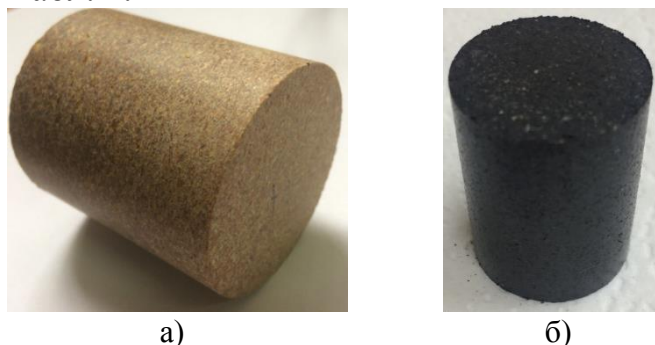


Рис. 1. Топливный брикет из отрубей (а) и пеллета из угля (б) с добавлением 4% отрубей (по массе)

Материальный баланс термической переработки отрубей (выход продуктов приведен относительно сухой массы исходных отрубей)

Вид пиролиза	Выход продуктов, %		
	жидкие (из них смола)	твердый остаток	газообразные
быстрый	43	11	46
медленный	41(12)	35	24

Видно, что независимо от вида пиролиза при переработке отрубей образуется большое количество жидких продуктов (41-43%), содержащих в своем составе смолы. Практика показывает, что при сжигании топлив, имеющих высокое содержание смолопродуктов, наблюдалось загрязнение низкотемпературных поверхностей нагрева топливосжигающего оборудования. Образующиеся отложения обусловлены конденсацией смол и последующим их окислением.

Существенно понизить уровень смол при пиролизе отрубей позволило добавление катализатора КГО (1,7% CuO, 3,6% MgO, 17% Cr₂O₃, основа – Al₂O₃). На рис. 3 приведена зависимость выхода смолы для медленного пиролиза при различных соотношениях массы катализатора и отрубей (m_k/m_o).

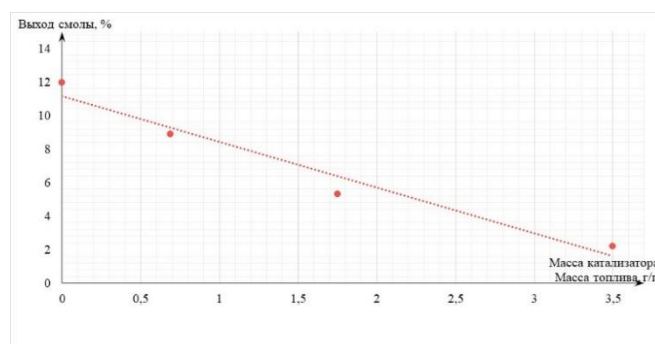


Рис.2. Зависимость выхода смолы от соотношения (m_k/m_o).

Заключение

Применение термической переработки позволяет получить из отрубей энергетически ценные твердые и газообразные топлива, пригодные для сжигания традиционными методами.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 19-79-00085).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bioenergy's role in balancing the electricity grid and providing storage options – an EU perspective / A. Arasto, D. Chiaramonti, J. Kiviluoma [et al.]. – IEA Bioenergy, 2017. – 63 p.

2. Ash contents and ash-forming elements of biomass and their significance for solid biofuel combustion / S. V. Vassilev, C. G. Vassileva, Y. Song [et al.]. - Direct text // Fuel. – 2017. – Vol. 208. – P. 377–409.

3. Боднар, Л. А. Проблемы сжигания низкосортного топлива в котлах малой мощности / Л. А. Боднар, С. И. Ткаченко, О. В. Дахновский. – Текст : непосредственный // Наукові праці ВНТУ. – 2012. – № 4. – С. 1-7.

УДК 536.7

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ткаченко Г. Н., магистрант, tkachenko_g_n@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье приведен краткий анализ уровня развития ветроэнергетики в Российской Федерации. Проведена ознакомительная работа с Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2015 г. № 1472-р «О внесении изменений в акты Правительства России». Выделены проблемы энергетики и пути их решения, путем применения ветроэнергетических установок. На основе собранной и проанализированной информации сделаны выводы, относительно перспективы развития указанной отрасли на территории страны.

Ключевые слова: ВЭУ, ветроэнергетика, эффективность, энергия.

В современном мире большое влияние на благополучие и развитие стран оказывает их обеспеченность ресурсами. Одной из главных проблем является неравномерное распределение традиционных источников топлива (углеводородное топливо и газ) по территориям различных государств. Отсюда следует, что внимание в энергетической отрасли сосредоточено на энерго- и ресурсосберегающих мероприятиях, а также на внедрении и широком использовании нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ).

Рассмотрим, какое положительное влияние на энергетику Российской Федерации может оказать применение НВИЭ, на примере ветроэнергетических установок, и дадим оценку перспективности развития данного направления.

Исходя из данных INDC, известно, что прирост установленной мощности ветроэнергетических установок (ВЭУ) в таких странах как Китай, Индия, Германия и США находится в диапазоне 2 – 30 ГВт ежегодно. В РФ таких показателей не достигли и на сегодняшний день существует лишь постановление Правительства №449, согласно которому до 2024 года заявлено 3,35 ГВт установленных мощностей с ВЭУ, до 2030 года – 4,5

ГВт[1]. Для достижения данных показателей уже сделаны первые шаги и существует план объема ввода установленной мощности, см. Табл.1, данные с учетом уже построенных в 2015-2015 гг. станций.

Таблица 1

Целевые показатели объемов ввода установленной мощности объектов (МВт)

Год	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Sum
На основе энергии ветра	200	400	500	500	500	500	500	150,2	3351,2

Наиболее перспективные для монтажа ветроэнергетических установок районы можно определить путем анализа Ветровой карты, Рис.1, по следующим основным критериям:

- среднесуточная скорость ветра;
- климатические условия;
- наличие земельных участков для установки ВЭУ.

С учетом масштабности своей территории, Россия обладает наибольшим в мире ветроэнергетическим потенциалом. Экономический потенциал страны оценивается в значение более 100 ТВт·ч/год [2, 3, 4], и для его освоения требуются производственные мощности. Для реализации поставленных целей Правительство проводит конкурсы проектов энергетических компаний. Наиболее перспективные проекты были представлены следующими компаниями:

- «Росатом» - 610 МВт в Республике Адыгея Краснодарском крае (план ввода мощностей: в 2018 г. – 150 МВт, в 2019 г. – 200 МВт, в 2020 г. – 360 МВт);
- ALTEN Ltd (FalconCapitala.s.) - 51 МВт в Республике Калмыкии;
- ОАО «Фортум» - 35 МВт в Ульяновской области.

Помимо привлечения инвесторов, Правительством РФ скорректированы показатели по локализации ветроэнергетического оборудования, которые нормируются Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2015 г. № 1472-р «О внесении изменений в акты Правительства России».

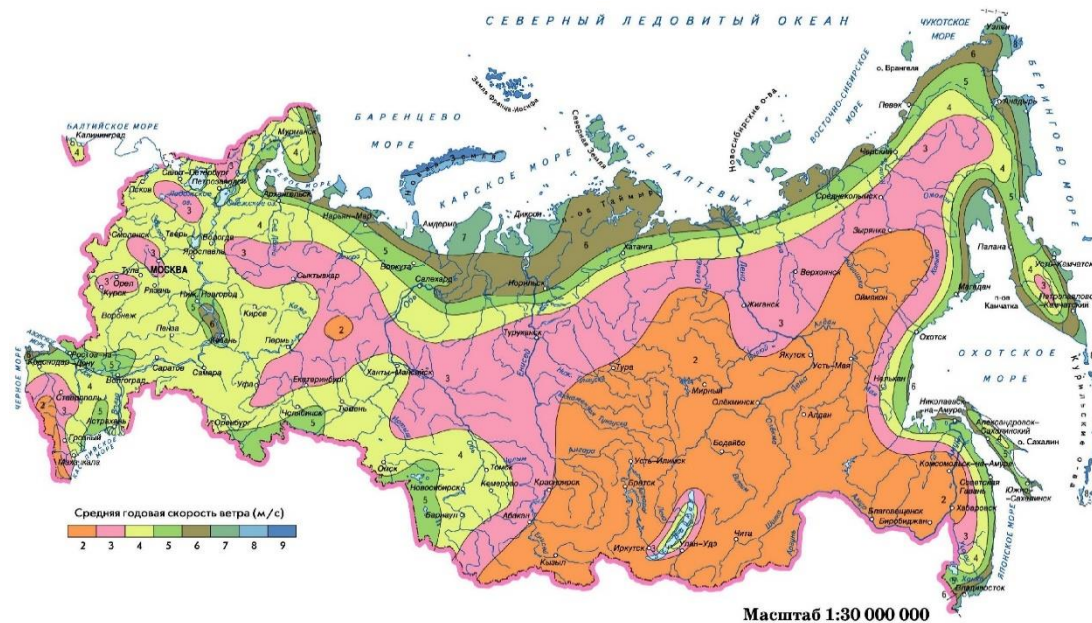


Рис. 1. Ветровая карта РФ

Подведем итоги, относительно перспектив развития ветроэнергетической отрасли на территории РФ:

1. Развитие отрасли поддерживается на государственном уровне, что отражается в привлечении инвесторов и государственной поддержке разработки новых проектов использования ВЭУ.

2. Территория страны, согласно данным ветровой карты, имеет подходящие для использования энергии ветра региона.

3. Распоряжением Правительства РФ обозначены нормы по локализации производства ветроэнергетического оборудования, что приведет к значительному снижению стоимости 1 кВт·ч энергии, выработанной с ВЭУ.

4. Выработка энергии с использованием НВИЭ снизит выбросы углекислого газа в атмосферу, которые образуются при использовании традиционных источников энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Штефан, Г. Перспективы ветроэнергетического рынка в России / Г. Штефан, Р. Денисов. – Текст : электронный. – URL : <https://www.wwindea.org/wp-content/uploads/2017/06/170612-FES-indenergiurus-print.pdf> (дата обращения: 09.11.2019).

2. Елистратов, В. В. Возобновляемая энергетика / В. В. Елистратов. – 3-е изд., доп. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического ун-та, 2016. – 424 с. Текст : непосредственный.

3. Всемирная ветроэнергетическая ассоциация WWEA : [сайт]. – URL : <http://www.wwindea.org/> (дата обращения: 11.11.2019). - Текст : электронный.

4. Афанасьева, Е. А. Основные проблемы энергетики и возможные способы их решения / Е. А. Афанасьева, М. Д. Кислякова. – Текст : электронный // Молодой ученый. — 2017. — № 40. — С. 1-4. — URL : <https://moluch.ru/archive/174/45823/> (дата обращения: 10.11.2019).

УДК 332.01

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Фирцева С. В., канд. экон. наук, доцент кафедры Экономики в строительстве, sfirceva@yandex.ru

Белянкина Е. С., магистрант, Liza.Belyankina@yandex.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В современной России большое внимание уделяется развитию теплоэнергетической промышленности. В статье уделено внимание оценке состояния системы теплоэнергетики в Тюменской области, представлен результат анализа производства и распределения тепловой энергии 2014–2018 гг и рассмотрены причины полученных результатов анализа. Изучив данную тему, можно сделать вывод о том, что развитие теплоэнергетики в Тюменской области требует значительных инвестиционных вложений.

Ключевые слова: тепловая энергия, теплоснабжение, производство тепловой энергии, передача тепловой энергии, энергетическая стратегия.

Тюменская область, занимает 3 место в России по площади, что составляет 1464173 км². Обеспечение производства тепловой энергии Тюменской области (без Ханты-Мансийского АО, Ямало-Ненецкого АО) осуществляет Тюменская ТЭЦ-1, Тюменская ТЭЦ-2 и Тобольская ТЭЦ. Все ТЭЦ относятся к ПАО «Фортум», которая является генерирующей компанией. Распределение, транспортировку, сбыт тепловой энергии, технологическое присоединение, техническое обслуживание обеспечивает АО «Урало-Сибирская Теплоэнергетическая компания» (УСТЭК), АО «Сибирско-Уральская энергетическая компания» (СУЭНКО) и АО «ЭК «Восток». Потребителями тепловой энергии является население (50,1%), промышленность (28,2%), энергоснабжающие организации (11,2%), бюджетные организации (8,3 %) и пр. [1].

Климат Тюменской области можно охарактеризовать как континентальный, с суровой протяжной зимой, теплым летом и непродолжитель-

ными переходными сезонами. Отопительный период в среднем составляет 8 месяцев в году. В условиях данного климатического режима теплоснабжение обеспечивает возможность жизнедеятельности граждан. Именно поэтому активно осуществляется внедрение различных механизмов поддержки развития систем теплоснабжения в Российской Федерации.

Федеральный закон «О теплоснабжении» от 27 июля 2010 г. №190-ФЗ устанавливает правовые основы экономических отношений, возникающие в результате производства, передачи, потребления тепловой энергии, тепловой мощности теплоносителя с использованием систем теплоснабжения, созданием, развитием и функционированием таких систем, а также определяет полномочия органов государственной власти, органов местного самоуправления по регулированию и контролю в сфере теплоснабжения, права и обязанности потребителей тепловой энергии, теплоснабжающих организаций, теплосетевых организаций [2].

13 ноября 2009 г. распоряжением № 1715-р Правительства О Российской Федерации была утверждена Энергетическая стратегия России на период до 2030 г., в которой рассматриваются текущие результаты реализации Энергетической стратегии России на период до 2020 г., цели и задачи настоящей Стратегии, перспективы спроса на российские энергоресурсы, государственная энергетическая политика, перспективы и стратегические инициативы развития топливно-энергетического комплекса, региональные и межотраслевые аспекты развития топливно-энергетического комплекса, ожидаемые результаты и система реализации настоящей Стратегии [3].

В целях рассмотрения текущих результатов проведения Энергетической стратегии России на период до 2020 г. проанализируем производство и распределение тепловой энергии на территории Тюменской области за последние 5 лет (2014-2018 гг). (Табл. 1) [4,5]

Таблица 1

Производство и распределение тепловой энергии за 2014-2018 годы

Производство и распределение газа и воды	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Тепловая энергия, тыс. Гкал	16035,2	16259,9	17248,4	17102,3	17485,3

Общий объем производства и распределения тепловой энергии увеличился за 5 лет на 9%, а именно, с 16035,2 тыс. Гкал (2014 г.) до 17485,2 тыс. Гкал (2018 г.). Наибольший скачок производства и распределения произошел в 2016 г., что составило на 988,5 тыс. Гкал больше, чем в 2015 г, при этом в 2017 г. произошло снижение на 146,1 тыс. Гкал (около 1%).

Изменения в производстве тепловой энергии, несомненно, связаны с температурными режимами. Самым холодным месяцем для Тюменской области является январь. Сравним среднюю температуру в этом месяце за последние 5 лет. (Табл.2) [6]

Средняя температура Тюменской области в январе 2014-2018 годов

2014	2015	2016	2017	2018
-16,2°C	-14,35°C	-20,67°C	-15,7°C	-17°C

Рассматривая средние температуры воздуха в январе 2014-2018 гг самым холодным был январь 2016 г. Средняя температура в 2016 г. увеличилась на 44% по сравнению с 2015 г. Исходя из этого можно объяснить скачек производства и распределения тепловой энергии в 2016 г.

Также на производство тепловой энергии влияют масштабы экономического развития. Поскольку теплоснабжение в России играет большое социальное значение, повышение его экономичности, надёжности и качества является главной задачей государства. Сбои в обеспечении потребителей тепловой энергии приводят к негативному воздействию на экономику страны. Следовательно, в перспективе государство должно быть главным субъектом экономических отношений в отрасли производства и распределения тепловой энергии.

Децентрализация отопления повышает надёжность теплоснабжения и снижает затраты на передачу тепловой энергии. В то время как строительство централизованной системы отопления требует значительных капитальных единовременных вложений. Организация автономного теплоснабжения позволяет произвести реконструкцию объектов в районах старой и плотной застройки при отсутствии свободных мощностей в централизованных системах. Однако для этого также требуются значительные инвестиционные затраты. Проведение таких модернизаций за счёт государственного бюджета практически нереально, а привлечение частных инвестиций связано с большим риском.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюменская область : портал органов государственной власти : [сайт]. – URL : <https://admtumen.ru/> (дата обращения 10.11.2019). - Текст – электронный.
2. Российская Федерация. Законы. О теплоснабжении : Федеральный закон №190-ФЗ : [Принят Государственной думой 9 июля 2010 года : Одобрен Советом Федерации 14 июля 2010 года]. – Москва : Кодекс, 2019. – 87 с. – Текст : непосредственный.
3. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года : [сайт]. - URL : <https://minenergo.gov.ru/> (дата обращения 11.11.2019). – Текст : электронный.
4. Отчёт о выполнении работ по актуализации «Комплексной программы перспективного развития электрических сетей субъектов Российской Федерации : Ханты-Мансийского автономного округа - Югры, Яма-

ло-Ненецкого автономного округа, Тюменской области напряжением 35 КВ и выше на пятилетний период до 2020 года ; ОАО «Научно-технический центр единой энергетической системы». – Москва, 2015. – 153 с. – Текст : непосредственный.

5. Тюменьстат : [сайт]. - URL : <https://tumstat.gks.ru/> (дата обращения 12.11.2019). - Текст – электронный.

6. Архив погоды : [сайт]. - URL : <http://weatherarchive.ru/> (дата обращения 12.11.2019). - Текст – электронный.

УДК 338.001.36

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Фирцева С. В., канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры Экономика в строительстве, sfirceva@yandex.ru

Перевозчикова О. Е., магистрант, olesya.ev96@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы оценки эффективности технического перевооружения промышленных предприятий. Дана сравнительная характеристика методов оценки эффективности технического перевооружения. Предложена методика оценки эффективности технического перевооружения на промышленных предприятиях.

Ключевые слова и фразы: техническое перевооружение, эффективность, инвестиционный проект, методика.

Техническое перевооружение (ТП) – тип функционального реформирования организации, организационно-технической сутью которого является комплексное обновление основных фондов и технологии производства с целью обеспечения конкурентоспособности в стратегическом периоде. Техническое перевооружение предприятий в настоящее время является основным направлением повышения конкурентоспособности российской промышленности[1]. На темпе технического перевооружения отрицательно сказываются: недостаток инвестиционных ресурсов; низкий уровень методического обоснования, что не позволяет российским предприятиям выйти на уровень мировых фирм-лидеров.

ТП, по сути, является инвестиционным проектом (ИП) и мероприятия по его реализации проводятся в том случае, если они экономически целесообразны, т.е. для этого предприятие должно провести аналитическую

работу. Эта работа заключается в проведении внутреннего и внешнего анализа [2].

В настоящее время есть достаточное количество различных показателей эффективности, но в оценке эффективности технического перевооружения (ОЭТП) возникают трудности. Чтобы их решить разрабатывают многочисленные методики и подходы, из которых, для российских компаний, мы можем выделить методики, представленные на рисунке 1.

Методика фирмы Goldman, Sachs & Co подразумевает использование в расчетах официальных статистических данных, т.к. их сложнее всего изказать. Методика Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР) является наиболее точной, но требует огромного опыта в разработке ОЭТП и бизнес-планов. Методика «затраты-выгоды» базируется на расчете NPV и позволяет рассчитать выгоды и затраты в различные временные промежутки для принятия приемлемого решения. Метод имеет множество недостатков, один из них – это неточность в результатах ОЭТП. Методика Организации Объединенных Наций по промышленному развитию (UNIDO) оценивает коммерческую и социальную эффективность проведения технического перевооружения и является самой универсальной. Методика Литтла — Миррлиса является альтернативой методике ЮНИДО, т.к. применяет стоимость товаров и услуг в международных ценах, а значит основным недостатком этого метода является трудозатратность вычислений из-за частых изменений мировых цен.

Методические рекомендации, которые разработаны Министерством финансов РФ по оценке эффективности ИП, в свое время, оказали положительное влияние на развитие страны, т.к. состоялся переход от статических методов оценки к динамическим [3]. У этих рекомендаций есть много недостатков, один из которых: отсутствие конкретики в выборе оптимального ИП для принятия решения.

Сравнительный анализ показал, что выше изложенные методики имеют свои недостатки, но есть и один общий минус – необходимы опытные профессионалы для осуществления оценки по этим методикам. Обычным экономистам необходимо изучить множество дополнительной литературы прежде чем выполнять оценку эффективности технического перевооружения по этим методикам.

Goldman, Sachs&Co	<ul style="list-style-type: none"> • методика крупнейшего банковского дома Уолл-стрит • подразумевает использование в расчетах официальных статистических данных, т.к. их сложнее всего исказить
ЕБРР	<ul style="list-style-type: none"> • методика Европейского банка реконструкции и развития • является наиболее точной, но направлена на малый бизнес
UNIDO	<ul style="list-style-type: none"> • методика организации по промышленному развитию при ООН • является самой универсальной, т.к. покрывает под все сферы экономики
Литтл-Миррлис	<ul style="list-style-type: none"> • методика альтернативная UNIDO • применяет стоимость товаров и услуг в международных цена
Методические рекомендации МинФина РФ	<ul style="list-style-type: none"> • основаны на оценке эффективности динамическими методами • имеет множество недостатков
"Затраты-выгоды"	<ul style="list-style-type: none"> • базируется на вычисление чистой текущей стоимости от осуществления того или иного ИП • имеет множество недостатков

Рис 1. Методики оценки эффективности технического перевооружения

Из всех методик мы можем выделить -UNIDO, т.к. по ней можно рассчитать индекс доходности (PI), на основе которого будет дана полная оценка относительной эффективности ТП [4]. Отметим, что в данной методике оценивается коммерческая и социальная эффективность разработки ТП, а также он отличается наличием программного обеспечения для проведения оценки, что значительно упрощает и ускоряет процесс принятия решений. Подход к оценке эффективности ИП, предложенный экспертами UNIDO, позволяет при разработке бизнес плана не упустить существенных моментов в описании текущей или планируемой деятельности предприятия и представить результаты в виде, наиболее подходящем для восприятия материала.

Из рассмотренного выше видно, что у каждой методики есть недостатки, но на сегодняшний день актуально применение методики UNIDO, т.к. она наиболее точно подходит для оценки эффективности реализации проектов по техническому вооружению предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семянко, А. Г. Системный подход к обоснованию технического перевооружения промышленных предприятий / Семянко А. Г. – Текст : непосредственный // Вопросы современной науки и практики. – 2015. - № 7-9 (30) – С. 234-240.

2. Фирцева, С. В. Обзор методов экономического обоснования технического перевооружения промышленных предприятий / С. В. Фирцева,

О. Е. Перевозчикова. – Текст : непосредственный // Экономические исследования и разработки. – 2019. – № 6. – С. 163-169.

3. Комплексная оценка эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса : методические рекомендации и комментарии к их применению : [сайт]. – URL : <https://standartgost.ru/> (дата обращения 12.11.2019). – Текст : электронный.

4. Виленский, П. Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов / П. Л. Виленский, В. Н. Лившиц, С. А. Смоляк. – Москва : Дело, 2014. – 888 с. – Текст : непосредственный.

УДК 365.46

К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ Г. ТЮМЕНИ

Щапова Я. А., магистрант, ia.shapowa@yandex.ru.
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве г. Тюмени. Цель исследования заключается в том, чтобы узнать, среди студентов, как они используют экономно энергию. Представлены результаты социологического исследования, по которому можно сделать вывод, что люди не информированы про энергосбережение, и практически ничего не делают для экономии энергии.

Ключевые слова: энергосбережение, теплоснабжение, энергия, электроэнергия, теплоэнергия.

Энергосбережение – организационная, научная, практическая и информационная деятельность, направленная на эффективное использование энергетических ресурсов и реализуемая с применением технических, экономических и правовых методов. Энергосбережение включает широкий набор взаимосвязанных действий и методов для обеспечения эффективного использования энергии. [3]

Эффективное использование энергии – достижение экономически и социально оправданного уменьшения использования энергетических ресурсов на единицу продукции или услуг при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении требований к охране окружающей природной среды. [1] Экономия энергии – результаты реализации мер, применяемых в целях снижения непроизводительных потерь топлива, электроэнергии, теплоты, механической энергии. [2]

С целью привлечь внимание людей к проблеме энергосбережения, а также узнать, как они информированы об этой проблеме и что делают на бытовом уровне для ее экономии, было проведено социологическое исследование, метод- анкетирование. В опросе приняли участие 35 студентов Тюменского индустриального университета.

Первой нашей задачей, было выяснить, знакомы ли респонденты с проблемой энергосбережения и откуда они узнают об этом. Проведенный опрос показал, что источник информации у всех разный, большая часть респондентов - всего 50% - основным источником информации считают профессиональную или образовательную деятельность.

Следующей нашей задачей было выяснить, проводят ли респонденты какие-либо мероприятия по энергосбережению. Мы видим, что ровно 50%, опрошенных на практике проводят какие-либо мероприятия по энергосбережению.

Мы также задали вопрос, который помог нам определить, правильно ли респонденты понимают термин энергосбережение. Мы выяснили, что большинство не понимает разницы между энергосбережением, использованием альтернативных источников энергии и обслуживанием энергооборудования.

Мы изучили процесс учета электроэнергии. Из 35 опрошенных только 8 человек - около 25% - ответили, что они осознанно пытаются регулировать - оптимизировать, снизить - собственное потребление, все делают это с целью добиться экономии средств. И все они отмечают, что это позволяет значительно сократить затраты на оплату энергии.

Следующий процесс, который был нами изучен - освещение. Результат опроса показал, что 71% респондентов использует энергосберегающие лампочки в своих квартирах. Примерно 29% использует их в подъездах. Всего один участник опроса считает, что их цена необоснованно завышена. 17% ответили, что не знают, как их утилизировать, поэтому предпочитают не пользоваться ими.

Следующей задачей, изученной в ходе опроса - потребление тепловой энергии. 66% опрошенных не имеют дома теплосчетчиков, из них 17,14% не знают, как их использовать, и какие преимущества это может дать.

Также при проведении опроса мы выяснили, что люди не могут регулировать работу батарей: у них либо не установлены регуляторы тепла батарей (88%), либо - они даже не представляют, зачем их можно использовать (12%). 23% используют систему механической вентиляции воздуха. 77% не используют, но все осведомлены о том, что такая возможность есть. Что касается сбережения тепла в подъездах, 60% ответили, что двери в подъездах оснащены автоматическими доводчиками, 26% ответили, что такая мера не используется в их подъездах, еще 14% не знают, что это, и для чего необходимы доводчики.

В следующем блоке мы задавали вопросы, чтобы узнать об отношении студентов к энергосбережению, и что мы выяснили. 17% считают, что ресурсы беречь вообще не нужно - они не видят в этом смысла. Однако 74% ответили, что мероприятия по энергосбережению необходимы. Еще 9% не смогли ответить, потому что сомневаются в необходимости энергосбережения или недостаточно осведомлены о таковой.

Что касается информационной составляющей - 86% респондентов считают, что обязательно необходимо проводить информационную работу с населением - рассказывать о важности и способах энергосбережения, и возможных сопутствующих выгодах применения этих мер на практике. 54% респондентов заинтересованы в том, чтобы получать информацию об энергосбережении с целью применения их на практике. Только 26% сказали, что их это не интересует.

Таким образом, мы видим, что студенты готовы к переменам. Это и есть те самые «новаторы», которые раньше всех узнают о новшествах и больше всех готовы применить их на практике. Их интересует не только материальная мотивация. Их знания о мерах энергосбережения не столь глубокие, зато они применяют на практике достаточно активно. Большая часть этой группы не понимает важности учета энергии, отключения питания приборов в неактивном режиме, и других мер, которые отнимают время. Тем не менее, они открыты для информации. И также они готовы снизить уровень комфорта с целью экономить электроэнергию, главное правильно донести до данной группы важность мер по энергосбережению и прямой эффект, который может быть достигнут. Учитывая, что эта группа - студенты, донести информацию до них легче всего через образовательные программы. Сделать энергосбережение частью образовательных программ - очень действенный, и, по сравнению с рекламой, менее затратный способ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комков, В. А. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве / В. А. Комков. – Москва : ИНФРА-М, 2013. - 320 с. – Текст : непосредственный.
2. Свидерская, О. В. Основы энергосбережения / О. В. Свидерская. – Москва : ТетраСистемс, 2016. - 176 с. – Текст : непосредственный.
3. Сибикин, Ю. Д. Технология энергосбережения / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – Москва : Форум, 2012. - 352 с. – Текст : непосредственный.

УДК 66.02

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ
МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ ГАЗОПЕРЕРАБОТКИ**

Богодухова О. В., магистрант, olya2397@mail.ru.

Таранова Л. В., канд. техн. наук, доцент, taranova@list.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Проблема повышения энергоэффективности для предприятий нефте- и газопереработки связана с высоким энергопотреблением в отрасли в связи необходимостью поддержания температурных режимов их работы и затратами энергии на перемещение потоков. Это в совокупности определяет высокие удельные энергозатраты и актуальность решения задач энергосбережения и повышения энергоэффективности. В работе выполнен анализ путей энергосбережения на предприятиях отрасли и рассмотрены возможные пути модернизации на примере установок газофракционирования с использованием принципа теплового насоса с выбором необходимого оборудования.

Ключевые слова: энергоэффективность, газофракционирование, тепловой насос.

Для реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности на производственных объектах отрасли разрабатываются и внедряются новые решения с использованием ряда подходов, касающиеся, в первую очередь, технологических и технических аспектов. К ним относятся:

- Эксплуатационное усовершенствование технологического объекта, позволяющие оптимизировать процесс, путем изменения режимов работы;
- Увеличение процента регенерации тепла за счёт повышения тепловой интеграции технологического процесса;
- Внедрение новых технологий и усовершенствование конструкций используемого оборудования.

Их реализация осуществляется на этапе проектирования и при модернизации действующих технологических объектов.

Задачей настоящей работы являлось выявление ресурсов энергосбережения за счет использования собственного потенциала на примере газофракционирующей установки (ГФУ).

Процесс газофракционирования, направленный на получение углеводородных фракций высокой чистоты или индивидуальных легких углеводородов из попутных нефтяных газов, относится к весьма энергоемким процессам. При этом наиболее энергоемкими являются процессы разделе-

ния компонентов с близкими значениями коэффициентов летучести и температур кипения [1].

Традиционно, для поддержания температурного режима ректификационных колонн, используют теплообменное оборудование, однако в качестве альтернативы рассматривается возможность применения тепловых насосов. Использование компрессионных тепловых насосов позволяет использовать тепло сжимаемого дистиллятного продукта для обогрева куба колонны, снижая тем самым энергозатраты на проведение процесса. Данный метод приводит к повышению энергоэффективности и решению задач энерго- и ресурсосбережения за счет снижения затрат на теплоносители и теплообменные аппараты при проведении процесса. [2,3]

Схема с использованием одного парокомпрессионного теплового насоса (Рис. 1) является самой простой и распространенной. Пары, уходящие сверху колонны, подаются на линию всасывания компрессора 3, где сжимаются примерно в 1,7-2 раза, при этом температура паров повышается на 30-40°C, что позволяет использовать эту теплоту для нагрева куба колонны. После прохождения куба поток охлаждается в холодильнике оборотной водой и дросселируется до значения давления вверху колонны, при этом температура его снижается. Часть жидкости подается насосом на орошение колонны, а остальная часть представляет собой целевой дистиллятный продукт.

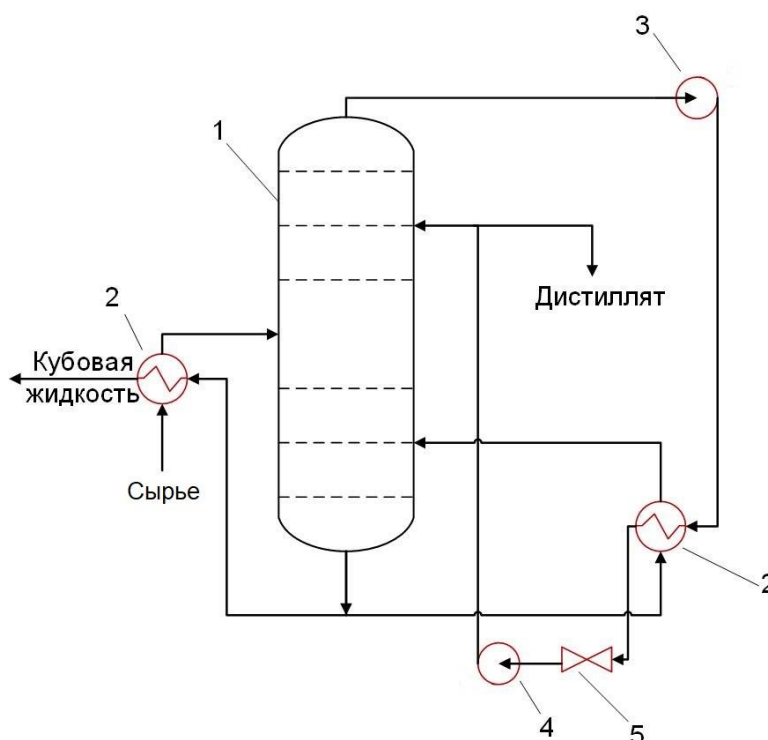


Рис. 1 – Схема ректификационной колонны с тепловым насосом
1 – ректификационная колонна, 2 – теплообменник, 3 – компрессор,
4 – насос, 5 – дроссель

В работе проанализированы параметры работы ректификационных колонн ГФУ и рассмотрена возможность применения теплового насоса для повышения энергоэффективности газофракционирующей установки на примере узла разделения изобутан – бутановой фракции; параметры работы колонны приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры работы колонны разделения изобутан-бутановой фракции

Температура верха	62°С
Температура питания	76°С
Температура куба	83°С
Давление верха	0,85 МПа
Давление куба	0,95 МПа
Флегмовое число	10 – 13
Количество тарелок	119 шт.

Для создания необходимых температурных режимов предлагается использовать тепло сжимаемого дистиллятного продукта для обогрева куба колонны с последующим сбросом давления для снижения температур до значений, соответствующих температуре потока орошения в верхней части колонны. Это позволит исключить из схемы узла ректификации теплообменники на линии орошения – аппараты воздушного охлаждения (АВО), и соответственно исключить затраты электроэнергии, необходимой для работы АВО, и потери тепла в окружающую среду. Кроме того, использование рекуперативного теплообменника взамен испарителя кубовой жидкости, позволит обеспечить экономию теплоносителей – пара и, соответственно, снизить затраты на их подготовку.

Необходимые значения давления для схемы с тепловым насосом определены согласно закону Шарля; при этом рассчитаны давление, создаваемое компрессором на линии дистиллятного продукта (1,14 МПа), необходимое для обеспечения температуры в кубе колонны, и снижение давления в дросселе (0,63 МПа) на линии орошения для обеспечения температурных параметров в верхней части колонны. По результатам расчета подобрано необходимое оборудование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа : учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов. – Санкт-Петербург : Недра, 2006. – 868 с. – Текст : непосредственный.
2. Ящук, В. М. Применение тепловых насосов в ректификационных установках / В. М. Ящук, О. А. Залипаева, Д. С. Филимонова. – Текст : непосредственный // Известия ВолгГТУ. – 2014. – № 1 (128). – С. 133-136.
3. Александров, И. А. Применение теплового насоса в процессах ректификации / И. А. Александров, Г. И. Ефремов, Е. В. Брюзгинов. –

УДК 66.098

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ

Богомолова М. Е., бакалавр, bogomolova-m@bk.ru

Савченков А. Л., канд. техн. наук, доцент, savchenkoval@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Полимер представляет собой вещество, характеризующееся многократным повторением одного или нескольких взаимосвязанных компонентов. Большинство полимеров для производства полимерной упаковки являются биоинертными и не разлагаются в естественных условиях в течение долгого времени. Это требует определённых мер для их утилизации или вторичной переработки.

Ключевые слова: биополимеры, полимеры, технология производства.

Биополимеры (полное название – биоразлагаемые полимеры) отличаются от остальных пластиков тем, что разлагаются в окружающей среде на углекислый газ и воду под действием физических факторов и микроорганизмов.

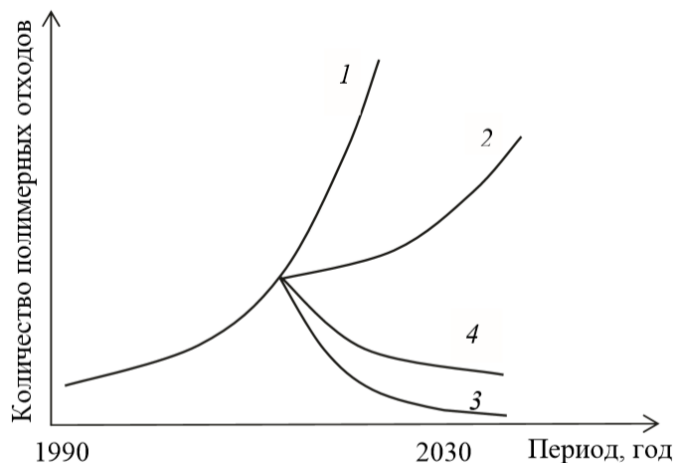


Рис. 1. Прогноз роста количества отходов пластмасс: 1 – контроль отсутствует в росте отходов; 2 – принятие мер, контролирующих эти отходы; 3 – использование полимерных материалов, срок жизни которых составляет 2 месяца; 4 – увеличение полимерных материалов, срок жизни которых составляет 2 месяца

Существует три основных направления получения полимеров с контролируемым сроком службы – синтез фоторазрушаемых биоразрушаемых и химически разлагаемых полимеров.

1) Фоторазложение. Под действием УФ-облучения фоторазрушаемые полимеры рассыпаются на кусочки, которые превращаются в порошок (самыми чувствительными к фоторазложению являются полиолефины).

Для усиления фоторазложения применяют:

- добавление специальных инициаторов фотохимических реакций – сенсибилизаторов (бензофенон, дифенилдисульфид);
- введение в полимер альдегидных и кетонных группировок;
- изменение состава полимеров (с большим количеством карбонильных групп);
- введение в полимер добавок, содержащих металлы переменной валентности (Cu и Fe).

2) Бактериальное разложение. Осуществляется под действием бактерий, микроорганизмов и воды (подвержены природные полимеры или полимеры с природными компонентами в составе).

3) Химическое разложение. Некоторые биоразлагаемые полимерные материалы подвергаются быстрому растворению в некоторых водных химических растворах. После растворения идет полная биodeградация водного раствора, вызванная микроорганизмами.

Существуют технологии к созданию биополимеров:

- селекция специальных штаммов микроорганизмов, способных осуществлять разложение полимеров;
- синтез биополимерных материалов, имеющих химическую структуру, схожую с природными полимерами;
- создание композиций, содержащих органические наполнители (крахмал, целлюлозу, амилозу, амилопектин, декстрин и др.), являющиеся питательной средой для микроорганизмов [1].

Недостатки биопластика из природного сырья:

- высокая стоимость;
- ограниченные возможности для крупнотоннажного производства;
- трудность регулирования скорости распада на свалках под воздействием факторов окружающей среды;
- сложность технологии производства;
- конкуренция с биопластиком из нефтехимического сырья [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крутько, Э. Т. Технология биоразлагаемых полимерных материалов: учеб.-метод. пособие для студентов / Э. Т. Крутько, Н. Р. Прокопчук, А. И. Глоба. – Минск : БГТУ, 2014. – 105 с. – Текст : непосредственный.

2. Васильева, Н. Г. Биоразлагаемые полимеры / Н. Г. Васильева. – Текст : непосредственный // Экономика и экономические науки. – 2013. - № 1. – С. 156-157.

УДК 66.011

УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫХОДА СВЕТЛЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

Гуров Ю. П., доцент кафедры ПНГ, gurovjp@tyuiu.ru.

Курмачев Н. А., магистрант, nikita-kyrmachov@yandex.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: В статье изучаются способы увеличения выхода светлых дистиллятов при первичной переработки нефти. Проблемой некоторых российских НПЗ является низкая глубина переработки на установках АВТ. Нефтепереработка – это получение нефтепродуктов в результате протекания многоступенчатого процесса химической и физической обработки сырой нефти. Переработка нефти подразумевает перегонку сырой нефти на некоторые углеводородные группы. В результате переработки сырой нефти полученные в результате продукты непосредственно связаны. В связи с этим актуальной задачей является совершенствование работы данной установки.

Ключевые слова: АВТ, способы увеличения выхода фракций, первичная переработка, активация нефтяного сырья, акустические воздействия.

Научно-практический интерес представляют специфические методы, позволяющие снизить выход тяжелых нефтяных кубовых остатков и увеличить отбор светлых дистиллятов.

Существуют разные способы увеличения выхода фракций. Во фракциях со следующими температурами кипения 200-350 °С это можно достичь, путем распыления сырья в результате появления напряжений сжатия, возникающих при ударе жидкости, на пути которой появляется преграда. Во фракциях с температурами кипения н.к. – 200 °С это достигается воздействием на мелкие капли аэрозольной жидкости при диспергировании нефти напряжений сдвига, которые возникают в результате интенсивной турбулентности. Для распыления нефти в первом случае используют дефлекторную форсунку, которая содержит наклонную преграду и цилиндрический канал, а в другом случае применяют щелевую.

Так же существует патент [1] в котором осуществляется возбуждение газодинамических колебания за счет того, что уже в разогретую газовую среду распыляют жидкие углеводороды.

Процесс теплообмена заменяет возбужденные газодинамические колебания между каплями нагретой газовой средой и углеводородного сырья.

Это в свою очередь исключит условия, способствующие образованию таких высокомолекулярных соединений, как битум, кокс, и значительно увеличит выход светлых фракций.

С помощью излучателя сообщают газодинамические колебания частотой от 20 Гц до 10 кГц интенсивностью более $0,01 \text{ Вт/м}^2$. Поток сырья распыляют при атмосферном давлении в нагретую от 320 до 900°C газовую среду. Это и отличает данный способ.

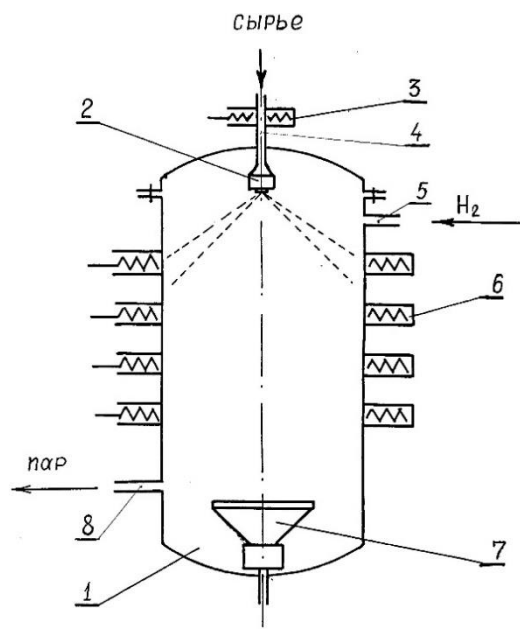


Рис. 1. Аппарат для переработки жидкого углеводородного сырья

На рис. 1 схематично изображено устройство, которое содержит корпус 1 с подающими 4, дополнительными 5 и отводящими 8 патрубками. Свободный конец каждого подающего патрубка 4 снабжен форсункой 2, размещенной в корпусе 1, и проходит через нагреватель 3. Кроме того, устройство снабжено источником газодинамических колебаний, который связан с корпусом 1.

Устройство работает следующим образом. Жидкое углеводородное сырье (для снижения вязкости) подогревают в нагревателе 3 и распыливают с помощью форсунок 2 внутри корпуса 1, где с помощью источника 7 возбуждают газодинамические колебания.

Необходимая для испарения температура газовой среды поддерживается с помощью подогревателей 6. При переработке тяжелых углеводородов в корпус через дополнительный патрубок 5 подают водород.

Процесс теплообмена заменяют возбужденные источником 7 колебания газовой среды между распыленным углеводородным сырьем и нагретой газовой средой.

С таким оформлением существует возможность глубокой переработки тяжелого сырья при малых (до 1,2 МПа) давлениях, без применения катализаторов с низкими энергозатратами.

При перегонке нефтяного сырья возможность волновых воздействий не ограничивается увеличением выхода светлых фракций. В результате акустического воздействия значительно изменяются физико-химические свойства и качественные показатели нефтяных фракций, в нефтяном сырье [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 94038000 Российская Федерация, МПК С10G15/08 С10G49/00В01D3/00. Способ переработки жидкого углеводородного сырья и устройство для его осуществления : № 94038000/26 : заявл. 10.10.1994 : опубл. 27.07.1996 / Юр Г. С. ; патентообладатель Юр Г. С. - Текст : непосредственный.

2. Аль-Обайди, А. Ш. Изучение влияния механико-акустического воздействия на реологические характеристики высоковязких нефтей / А. Ш. Аль-Обайди, Р. Ф. Хамидуллин, О. Н. Шиббаева. – Текст : непосредственный // Наука и технология углеводородов - 2003. - № 3 - С. 24-27.

УДК 678.2

ПОЛИМЕРНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ: РОСТ ИЛИ СТАГНАЦИЯ

Дерюгина О. П., канд. техн. наук, доцент кафедры ПНГ, derjuginaop@tyuiu.ru

Кабанов А. Д., бакалавр, l_kabanov@bk.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. На протяжении последних шести-семи десятков лет полимеры активно внедряются во все сферы жизнедеятельности человека, замещая традиционные материалы. Целью работы является анализ дальнейшего роста использования полимеров, определение причин замедления или ускорения прихода полимерной продукции на рынки потребления. В работе использованы общенаучные методы исследования: анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия и абстрагирование. В результате основной вывод, делаемый на основе исследования, следующий: темпы роста использования полимерной продукции замедлятся в ближайшем будущем, увеличение спроса будет достигаться за счёт усложнения характеристик и свойств, предъявляемых к полимерам.

Ключевые слова: полимеры, традиционные материалы, кривая Парето.

Часто в дискуссии о нефтехимии и её роли в современной структуре производства и потребления говорится, что революция полимеров за последние 70 лет позволила повысить спрос на пластики в 200 раз и порой даже больше (если сравнивать с 1956 годом, когда производство полимерной продукции оценивалось в 1,5 млн тонн в год), а спрос на традиционные материалы (сталь, дерево, чугун) за аналогичный период повысился всего в 2-8 раз. Однако такой разрыв легко объясним тем фактом, что благодаря своим характеристикам (лёгкость, прочность, эластичность, диэлектричность и долговечность) полимеры вытесняют традиционные конструкционные материалы, становясь основой для целых производственных объектов. Конечно, подобное замещение внедрялось только в тех областях, где это было конструкционно и экономически обосновано. При внимательном анализе вопроса “Будет ли продолжаться полимерная революция и сохранит ли она такие же темпы роста?” стоит отметить, что подобная формулировка не имеет под собой гарантированной базы, то есть не всё так положительно и полимерное производство постепенно замедляется.

Прежде всего стоит поговорить о том, в какой мере вообще можно рассчитывать, что полимеры могут заменять традиционные материалы (в первую очередь металлы и сплавы, а также стекло). Ведь между этими материалами есть значимые различия, часто совершенно неустранимые просто по природе самих веществ.

Попробуем переместиться на достаточно высокий уровень абстракции и предположить, что существует всего несколько базовых характеристик того или иного товара, изделия или детали в ходе их эксплуатации, которые могут проявляться индивидуально или же комбинироваться: способность сопротивляться (в различных смыслах) механическим нагрузкам; способность сопротивляться температурным воздействиям; масса на единицу объема (плотность); характеристика по отношению к проводимости тока (материалы-проводники, материалы-изоляторы и полупроводники); характеристики по отношению к агрессивным химическим средам; стоимость. Но несмотря на завидный багаж преимуществ мы смело можем выдвинуть гипотезу: за годы, прошедшие с начала полимерной революции (1950-е), большая часть потенциала замещения традиционных материалов на полимерные уже реализована. Или же в виде наглядного объяснения нашей гипотезы можно привести экономический график степенной функции, известной как ‘кривая Парето’. Словесная его интерпретация звучит следующим образом: «20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% усилий — лишь 20% результата».

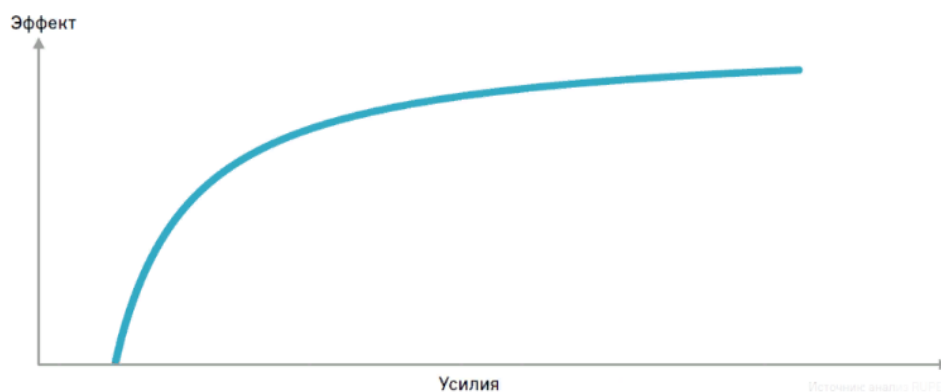


Рис. 1. Кривая Парето

Для нас самым главным вопросом является: на какой части кривой сейчас находится рынок? По всей видимости, мы уже перешли перегиб синей линии, т.е. эффективность замещения увеличивается медленнее, чем затрачиваемые усилия. Подобное суждение базируется на нескольких косвенных факторах: во-первых, темпы роста глобального спроса на полимеры все более сближаются с темпами общего экономического роста. Это, например, указывает на то, что размерность пространства характеристик, в котором дизайнерам и конструкторам приходится искать оптимум, увеличивается.

Таким образом, один из ключевых аспектов этого замещения сегодня — это способность полимеров и полимерных материалов проникать своими характеристиками в те области, которые ранее были им недоступны.

Основными областями использования преимуществ полимерной продукции в настоящий момент являются: автомобильная промышленность, строительство и авиационная промышленность. Например, в современном самолёте (анализируется самолёт Airbus A320) содержание полимерных составляющих — 53%, однако дальнейшее замещение несущих конструкций из металла, стекла и иных материалов существенно увеличит риски эксплуатации аппарата. В автомобилестроении и строительстве подобная же ситуация, связанная со значительным положительным экономическим и весовым критерием, но упирающаяся в не изученность поведенческих качеств полимеров в различных нагрузках и жёстких условиях, что является естественным препятствием для дальнейшего масштабного внедрения.

Наибольшие перспективы к дальнейшему расширению сфер применения имеют уже не просто полимеры, а почти исключительно композиционные материалы. Если говорить о матрицах (связующих), то приоритет здесь за реактопластами (смолами) или инженерными термопластами. Какую-то роль сохраняет также полипропилен как в качестве «чистого» термопласта, так и матрицы для наполнения армирующими компонентами. Причины достаточно понятны: как обсуждалось в начале, поиски потенциальных ниш для замещения полимерами сегодня — это сложная задача в

многомерном пространстве требований и характеристик, важнейшими из которых (часто даже важнее цены) являются механические свойства и температурный диапазон эксплуатации. И именно у композитов на основе смол и ряда высокотехнологичных полимеров эти свойства позволяют конкурировать с некоторыми цветными металлами и сплавами, а в ряде применений — и со сталью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выстрицкая, Л. К. Структурный фактор. Закончилась ли полимерная революция / Л. К. Выстрицкая. – Текст : электронный // RuPec. – 2019. - № 1. – URL : <http://www.rupec.ru/analytics/40154/>.
2. Шваб, К. Четвёртая промышленная революция: перевод с английского / К. Шваб. – Москва : Издательство «Э», 2017. – 208 с. – Текст : непосредственный.

УДК 544.1

МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АДСОРБЦИИ ИЗОБУТАНА И ИЗОБУТЕНА НА ЦЕОЛИТЕ ТИПА 13X МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Десятов В. О., магистрант, Niceman_93@mail.ru
Савченков А. Л., канд. техн. наук, доцент, savchenkoval@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: В данной работе были созданы молекулярно-механические модели адсорбции молекул изобутана и изобутена в структуре цеолита типа 13X при температуре 323K и в заданном диапазоне давлений. Были исследованы изотермы адсорбции и кривые распределения энергии адсорбции. Расчеты выполнялись методом Монте-Карло, используя алгоритм Метрополиса. Анализ полученных данных показал, что наибольшую адсорбцию на данном цеолите из расчета на элементарную ячейку имеет изобутен (9,33 ммоль/г), а самую низкую изобутан (8,66 ммоль/г). На величину предельной адсорбции влияет размер молекулы, чем молекула меньше, тем больше эта величина. Величина предельной адсорбции существенно зависит от гибкости молекул, чем молекула более гибкая, тем меньше величина предельной адсорбции. Наличие двойной связи в химической структуре молекулы увеличивает величину предельной адсорбции. Полученные расчетные изотермы описываются уравнением Лэнгмюра.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, цеолит 13X, молекулярное моделирование.

Метод Монте-Карло позволяет решать математические задачи через моделирование случайных величин и построение статистических оценок.

При моделировании данным методом требуется перечислить все частицы системы, а также задать потенциалы взаимодействий между частицами. Области задания потенциалов должны быть достаточно протяженными и не должны быть ограничены небольшими смещениями от равновесных положений.

Для создания моделей рассматриваемых молекулярных систем использовалась программа Materials Studio. Данная программа представляет собой интегрированную среду молекулярного моделирования. В процессе моделирования производилась геометрическая оптимизация создаваемых структур, чтобы найти наиболее термодинамически выгодную конфигурацию молекул выбранных веществ [1]. Для создания модели цеолита 13X использовали встроенную библиотеку цеолитных структур Material Studio, из которой импортировали структуру типа FAU, которая совпадает с структурой цеолита 13X. Размер кристаллической решетки $a - 25.028 \text{ \AA}$, $b - 25.028 \text{ \AA}$, $c - 25.028 \text{ \AA}$ [2].

Для аппроксимации полученных результатов воспользовались формулой Лэнгмюра (1,2), которая довольно точно описывает адсорбцию в микропорах цеолита:

$$\frac{a}{a_m} = \frac{KP}{1 + KP} \quad (1)$$

$$a = \frac{K \times P \times a_m}{1 + KP} \quad (2)$$

Из аппроксимаций мы нашли коэффициенты K и a_m (предельная адсорбция). Коэффициенты корреляции R^2 , полученные при аппроксимации, составили для изобутана 0,71 (Рис. 1), для изобутена 0,85 (Рис. 2). Благодаря аппроксимации также нашли коэффициент предельной адсорбции (a_m) который показывает количество молекул, которые будут адсорбированы при очень больших давлениях для каждого из веществ. Коэффициент предельной адсорбции (a_m) для изобутана равен 52, для изобутена 56 (см. Табл. 1). В процессе изучения пересчитали в ммоль на грамм цеолита.

Проанализировав данные, можно сказать, что наибольшей адсорбцией на данном цеолите 13X обладает изобутен. Максимальная адсорбция изобутана при данной температуре составляет 52 молекул на ячейку, у изобутена же максимальная адсорбция составила 56 молекул на ячейку.

Таблица 1

Предельная адсорбция изобутана и изобутена		
Вещество	a_m , молекул	a_m , ммоль/г
Изобутан	52	8,66
Изобутен	56	9,33

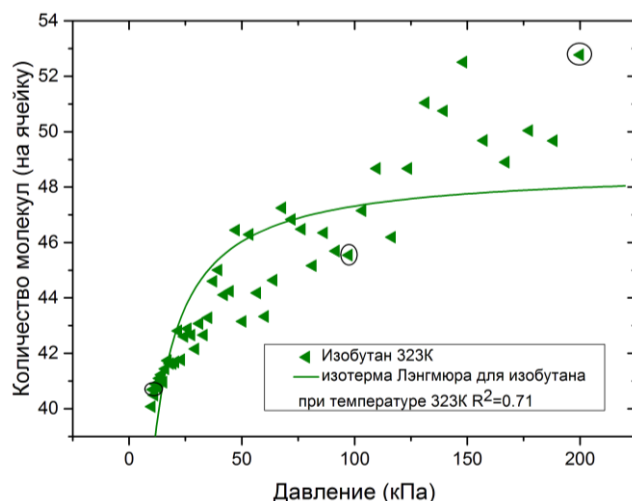


Рис. 1. Изотерма адсорбции изобутана при 323К

Из изотерм можно сделать вывод что при сравнении точек изобутена с изобутаном наблюдается меньшее место локализации молекул изобутена при максимальном давлении, следовательно двойная связь очень положительно влияет на адсорбцию в этом случае, когда жесткость молекулы возрастает из-за меньших торсионных степеней свободы.

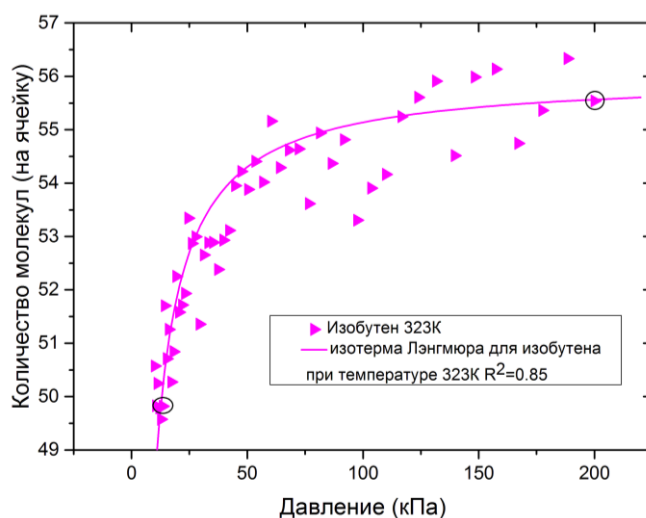


Рис. 2. Изотерма адсорбции изобутена при 323К

Если сравнивать локализацию молекул изобутана и изобутена в одинаковых точках изотермы можно сделать вывод, что благодаря двойной связи изобутен имеет меньшую подвижность в отличии от изобутана при одинаковых температурах и давлении. Можно сделать вывод, что двойная связь задает плоскость и молекула становится более жесткой, то есть в этом случае молекулы изобутена теряют свою гибкость и лучше заполняют пористое пространство. При сравнении графиков распределения энергии

адсорбции изобутана и изобутена энергетика адсорбции почти одинаковая, но места локализации молекул разные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chen, W. H. Modified Nosé–Hoover thermostat for solid state for constant temperature molecular dynamics simulation / W. H. Chen, C. H. Wua, H. C. Cheng. – Text : electronic // Journal of Computational Physics. – 2011. – V. 230. – P. 6354-6366. – URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021999111002786?via%3Dihub> (date of the application 11.10.2018).

2. Kessler, H. Direct effect of fluoride in the synthesis of molecular sieves with new characteristics and of the first twenty-membered ring microporous solid / H. Kessler. – Text : electronic // Mater. Res. Soc. Symp. Proc. – 1991. – V. 47. – P. 233. – URL : <https://www.cambridge.org/core/journals/mrs-online-proceedings-library-archive/article/directing-effect-of-fluoride-in-the-synthesis-of-molecular-sieves-with-new-characteristics-and-of-the-first-twenty-membered-ring-microporous-solid/440FCDBC76D6096587ACF643D9193F6A> (date of the application 14.04.2017).

УДК: 622.691.4.052:548.562

ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ В ПРОМЫСЛОВЫХ СИСТЕМАХ

Егоров А. А., бакалавр, warpten1516@gmail.com

Савченков А. Л., канд. техн. наук, доцент, savchenkoval@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной работе приведены основные условия гидратообразования. Предложены возможные методы для борьбы с образованием гидратов. Рассмотрены предполагаемые решения для более эффективного устранения гидратных отложений.

Ключевые слова: газовые гидраты, ингибиторы гидратообразования, система подачи ингибитора, низкодозируемые ингибиторы.

Самой распространенной проблемой в технологии добычи и подготовки газа в районах с суровыми климатическими условиями считается предупреждение гидратообразования. Результат гидратообразования – это появление в газовой среде гидратов. Они представляют из себя метастабильный минерал, в виде крупного и твердого соединения с кристаллической структурой, которые образуются при некотором термобарическом режиме (обычно это высокое давление и низкая температура) с наличием

воды и обязательным присутствием гидратообразователя, таких как, например, метан, этан и углекислый газ. В промышленных системах, для которых типичны давления в пределах от 10 до 30 МПа, гидратообразование может начаться при температурах меньших, чем плюс 15 °С.

Для того чтобы свести к минимуму гидратообразование следует избавиться от каких-либо условий, при которых возможно существование гидратов. В промышленности применяются методы для предотвращения гидратообразования условно разделяющиеся на физические, химические и технологические.

К технологическому методу можно отнести обеспечение и поддержание таких режимов эксплуатации и осушки газа, при которых процессы будут протекать безгидратно. Физический метод заключается в поддержании температуры потока газа выше, чем температура гидратообразования. Это может достигаться при использовании подогревателей, внедрении теплоизоляции на трубопроводах и подборе режима эксплуатации, который обеспечивает наибольшую температуру потока газа. Химический способ содержит в себе ввод в поток газа ингибитора гидратообразования. Ингибиторы своим действием понижают термодинамическую активность воды в водном растворе и в результате этого, равновесные условия образования гидратов изменяются.

Все выше рассмотренные методы широко распространены на практике в системах подготовки газа, однако химический метод является самым применяемым, особенно на территориях Крайнего Севера. Наибольшее распространение в качестве ингибитора гидратообразования получил метанол или водометанольный раствор (ВМР).

У метанола и ВМР имеются недостатки, такие как:

- дороговизна и большой расход, вследствие этого появляется потребность в использовании систем регенерации для возможности его неоднократного применения;
- токсичность и высокая пожароопасность метанола, этот пункт является важным для обеспечения безопасной работы;
- эффект ускоренного роста кристаллогидратов в присутствии разбавленных водных растворов метанола недостаточной концентрации для предупреждения гидратов.

Для увеличения эффективности предотвращения гидратообразования в промышленных системах хотелось бы отметить главные тенденции последующих исследований:

- 1) Разработка условий для применения новейших для газовой индустрии ингибиторов гидратообразования — этиленгликоля и изопропилового спирта.
- 2) Усовершенствование способов автоматической регулировки расхода ингибиторов гидратообразования, как на новейшей базе исполнительных механизмов, так и с применением новейших научно-технических

подходов. Тут имеется в виду создание новейших подходов к регулировке расхода метанола, в первую очередь, в системах промышленного сбора газа.

3) Создание и введение новых газодинамических процессов промышленной подготовки газа, в которых удельный расход ингибиторов гидратообразования значительно уменьшается. Тут необходимо выделить, то, что при применении газодинамических технологий значительно уменьшается потребление ингибитора гидратообразования.

4) Формулирование более подходящих ситуаций для технологического применения новейших низкодозируемых ингибиторов гидратообразования и создание методологии автоматической регулировки расхода подобных ингибиторов.

5) Создание новейших альтернатив рентабельных технологий малотоннажных производств ингибиторов в промышленных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кэрролл, Д. Гидраты природного газа / Д. Кэрролл. - Москва : Премиум инжиниринг, 2007. - 318 с. – Текст : непосредственный.

2. Истомин, В. А. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа / В. А. Истомин, В. Г. Квон. - Москва : ООО «ИРЦ Газпром», 2004. - 508 с. – Текст : непосредственный.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРОЧНЕНИЯ АЛЮМИНИЯ В СЕРНОКИСЛОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ ЗА СЧЕТ ИГОЛЬЧАТОЙ ФОРМЫ КАТОДА

Коленчин Н. Ф., д-р техн. наук, профессор, kolenchinnf@tyuiu.ru

Некрасов Р. Ю., канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», nekrasovrj@tyuiu.ru

Зыкин П. В., магистрант, pavel1996777@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. На основании результатов теоретических исследований влияния формы катода на процесс анодирования алюминиевых сплавов, а также полученных математической и физической моделей, разработана экспериментальная установка игольчатой формы катода. Для подтверждения эффективности установки проведены ряд исследований результат которых зависимость роста толщины оксидной пленки в виде графика.

Ключевые слова: Многоигольчатый катод, анодирование, плотность тока.

В рамках проведения исследования по данному направлению на начальных этапах работы была предложена математическая модель игольчатого катода. Ее сущность основывается на свойстве «стекания» электрического заряда с острия электрода, что определяет максимальную напряженность электрического поля, в данном случае, острия катода.

Плотность тока острейного катода выражается в виде формулы (1) представленного ниже [1]:

$$J_k = \frac{A}{S_k} = \frac{A}{N \cdot 2\pi r_u}, \quad (1)$$

где A – общий ток в цепи анодирования; r_u – радиус сферы острия; N – количество эмитирующих центров (количество острий).

Полученное выражение (1) показывает, что при использовании многоострийного катода напряженность электрического поля складывается из полей всех острий при неизменной величине общего тока в цепи анодирования, а плотность катодного тока можно регулировать количеством острий в конструкции катода и радиусом заточки острия.

Полученные в рамках теоретических исследований результаты позволили спроектировать альтернативную конструкцию многоострийного катода с вращающейся головкой. Соответствующая схема представлена на рисунке 1.

Для того чтобы подтвердить эффективность применения представленной на рисунке 2 схемы установки проведены ряд экспериментов. В частности, установлена скорость роста толщины оксидной пленки. Полу-

ченая зависимость (целевая функция) представлена в виде графика на рисунке 2.

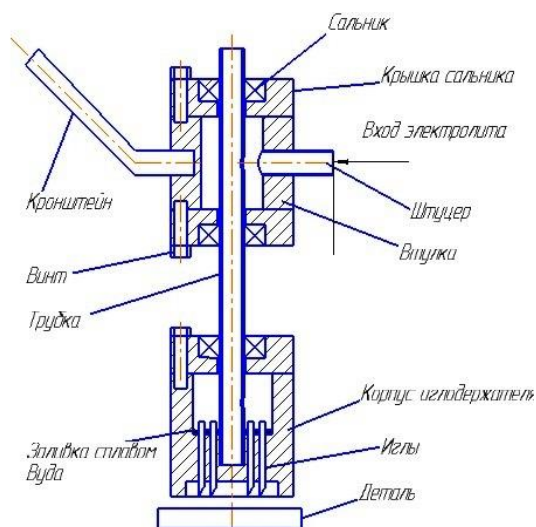


Рис. 1. Схема конструкции многоиглочатого катода

Аппроксимация целевой функции проведена в виде параболы второго порядка в виде (2):

$$y_x = a_0 + a_1x + a_2x^2. \quad (2)$$

Для нахождения параметров a_0 , a_1 и a_2 составим систему линейных уравнений в виде [2]:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 = \sum xy \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 = \sum x^2y \end{cases}$$

где $n = 10$ – число экспериментальных данных.

Значения остальных коэффициентов берем из таблицы 1.

Таблица 1

Расчетная таблица для определения параметров параболы 2-го порядка

№	x	y	x^2	x^3	x^4	$x*y$	x^2*y	
1	0	0	0	0	0	0	0	
2	10	35	100	1000	10000	350	3500	
3	20	60	400	8000	160000	1200	24000	
4	30	79	900	27000	810000	2370	71100	
5	40	88	1600	64000	2560000	3520	140800	
6	50	92	2500	125000	6250000	4600	230000	
7	60	93	3600	216000	12960000	5580	334800	
8	70	95	4900	343000	24010000	6650	465500	
9	80	96	6400	512000	40960000	7680	614400	
10	90	96	8100	729000	65610000	8640	777600	
Сумма	55	450	734	28500	2025000	153330000	40590	2661700

Система уравнений (3) с учетом данных расчетной таблицы 1 будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} 10a_0 + 450a_1 + 28500a_2 = 734 \\ 450a_0 + 28500a_1 + 2025000a_2 = 40590 \\ 28500a_0 + 2025000a_1 + 153330000a_2 = 2661700 \end{cases}$$

Результат расчета целевой функции представлен на рисунке 2.

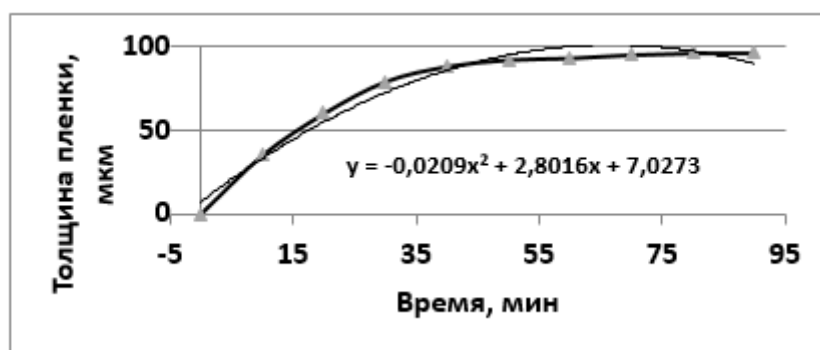


Рис. 2. График изменения толщины оксидной пленки δ_3

Решая уравнение получаем значение времени $t = 67$ мин будет оптимальным для данного технологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория статистики : учебник / Под ред. проф. Г. Л. Громько. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2009. – 476 с. – Текст : непосредственный.
2. Доннели-мл., Р. Статистика / Р. Доннели-мл. ; пер. с англ. Н. А. Ворониной. – Москва : Астрель, 2007. – 367 с. – Текст : непосредственный.

УДК 66.02

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОДХОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

Михайлова А. Е., магистрант, nastenska08@mail.ru

Таранова Л. В., канд. техн. наук, доцент, taranova1v@list.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Переход к развитию современных промышленности должен сопровождаться созданием и оптимальным использованием внутреннего потенциала предприятия, определяемого эффективностью использования всех необходимых для производства ре-

сурсов. В работе систематизированы подходы к решению задач повышения энергетической эффективности и основные принципы энерго- и ресурсосбережения; рассмотрены примеры их реализации для технологических установок газоперерабатывающего предприятия. По результатам работы предложены мероприятия по рекуперации тепла; подобрано теплообменное оборудование.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, нефтегазопереработка

Организация энергосбережения на промышленном предприятии включает систему мер, направленных на эффективное управление процессами энергосбережения, разработку методик и инструкций по планированию основных технико-экономических показателей энергоэффективности, а также координацию работ в области энергосбережения всех структурных подразделений предприятия. В таком случае можно определить следующее функциональное содержание политики энергосбережения на промышленных предприятиях:

- 1) снижение и себестоимости выпускаемой продукции издержек производства;
- 2) модернизация производственного процесса;
- 3) улучшение качества выпускаемой продукции;
- 4) снижение экологической нагрузки [1].

Увеличение энергоэффективности представляет собой наиболее важный процесс, по сравнению с ее частным проявлением энергосбережением, так как приводит к инновационному, качественному росту организации, в тот момент, когда энергосбережение выражается в модернизации производственных процессов на уже достигнутом уровне его развития (рис. 1).

В работе рассмотрены методы и подходы для выявления «узких» мест предприятия.

- Системная методика – принцип взаимодействия элементов системы, ее адаптация к меняющимся условиям энергопотребления, сохранение целостности системы;
- Технический анализ – обоснование технологической и технической возможности реализации проекта;
- Проектный подход – объединение комплекса мероприятий по повышению энергетической эффективности в отдельный проект.

В качестве примера проанализирована установка переработкипутного нефтяного газа газоперерабатывающего завода. Применение системного подхода позволило выявить основные узлы установки и тепловые потоки (внутренние, внешние). В результате технического анализа найдены ресурсы энергосбережения на установке и возможности рекуперации тепла, в частности, за счет установки дополнительного теплообменника.



Рис. 1. Роль повышения энергосбережения и энергоэффективности

Предложенное решение может быть использовано как перспективное для решения задач повышения энергоэффективности предприятия. При проведении исследования и выборе оборудования был учтен опыт региональных программ энергоресурсосбережения [2], учитывая, что применение нового технологичного, в частности, теплообменного оборудования, позволяет достигать более эффективное использование источников энергии и повышение КПД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрижевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент : учеб. пособие / А. А. Андрижевский, В. И. Володин. – Минск : Высшая школа, 2005. – 240 с. – Текст : непосредственный.
2. Бурдыгина, Е. В. Эффективность работы теплообменной аппаратуры технологических установок НПЗ / Е. В. Бурдыгина, А. Ю. Трофимов, Ф. М. Хафизов. – Текст : непосредственный // Трубопроводный транспорт – 2011 : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2011. – С. 223-224.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПИРОЛИЗА

Савина А. А., бакалавр, Anya-tob-1998@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Данная работа посвящена главному процессу нефтехимической отрасли – пиролизу. Главная задача процесса – это получить как можно больший выход олефинов, таких как этилен и пропилен. Другой немаловажной целью является снижение отложения кокса в змеевиках печи. В работе рассмотрен один из прогрессирующих способов – с помощью микроволнового излучения.

Ключевые слова: пиролиз, печь, кокс, микроволновое излучение (МВИ).

Процесс пиролиза подразумевает под собой высокотемпературное разложение углеводородного сырья с целью получения низших олефинов, которые впоследствии выступают, как мономеры в процессе полимеризации. [1]

Пиролиз – основной процесс в нефтехимии, от которого зависит все производство полимерной продукции: пластические массы, каучуки и т.д.

На процесс оказывают огромное влияние такие факторы, как состав исходного сырья, время контакта, температура и давление. Чтобы увеличить выход целевого продукта – этилена, необходимо использовать более легкие виды сырья (этановая, пропановая, бутановая фракции), увеличивать температуру (но не более 820°C, при дальнейшем увеличении уменьшается выход алкенов, но повышается выход ацетилена и водорода), уменьшать время контакта, т.к. его увеличение приводит к вторичным реакциям и образуется кокс, а также снижать парциальное давление, для этого проводят разбавление реакционной массы водяным паром. Водяной пар играет немаловажную роль для скорости паро-сырьевого потока.[2]

Главной проблемой всего производства пиролиза является закоксованность змеевиков.[3] Отложение кокса в змеевиках печи приводит к их прогару, а следовательно, к ремонту или замене основного оборудования. Как решение данной проблемы применяют различные виды змеевиков, которые имеют разветвленное строение и маленький диаметр. Например, немецкой компанией Linde предложен змеевик радиантной секции типа PyroCrack 4-2. Такие конструкционные решения позволяют увеличить скорость прохождения реакции, что влияет на время контакта и

В настоящее время рассматривается способ увеличения выхода целевых продуктов, а также снижение побочных продуктов (тяжелой пиролизной смолы, кокса) посредством применения МВИ (микроволнового излучения).

Такой процесс изучен в лабораторных условиях в реакторе трубчатого типа, который выполнен в виде кварцевой трубы. Обогревателем служит электрическая печь, которая состоит из трех частей.[4]

Сырьевую смесь и воду заранее нагревали до температуры 350-450°C, смешивали, а затем подавали в реактор.

Предварительное облучение воды, которая используется для получения водяного пара разбавления, позволяет увеличить выход этилена, а также пропилена (если в качестве сырья используется пропан-бутановая фракция) на 7,9% отн. (масс) и 2,8% отн. (масс) соответственно. [5] Смешение сырья с облученным паром разбавления приводит и к уменьшению образования кокса на 0,016% масс.

Так, если в процессе использовать этановую фракцию, то выход этилена увеличится примерно на 7 % отн., а образование нежелательного кокса уменьшится на 14-23 % отн. Использование данной технологии на промышленных печах пиролиза позволит увеличить пробег печи на 200-350 часов. [6]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потехин, В. М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки : учебник для вузов / В. М. Потехин, В. В. Потехин – Изд. 2-е, испр. и доп. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. – 944 с. – Текст : непосредственный.

2. Магеррамов, А. М. Нефтехимия и нефтепереработка : учебник для вузов / А. М. Магеррамов, Р. А. Ахмедова, Н. Ф. Ахмедова. – Баку : «Баки Университети», 2009. - 660 с. – Текст : непосредственный.

3. Лебедев, Н. Н. Химия и технология основного органического нефтехимического синтеза : учебник для вузов / Н. Н. Лебедев. – Изд. 4-ое, перераб. и доп. – Москва : Альянс, 2013. – 592 с. – Текст : непосредственный.

4. Применение СВЧ-реакторов в нефтехимии / А. И. Румянцев, В. В. Иванов, Р. Ф. Мюллер, А. Д. Свинцов. – Текст : непосредственный // Экспозиция нефть газ. – 2009. - № 2. – С. 15-18.

5. Управление процессом пиролиза углеводородного сырья микроволновым излучением / В. П. Ольшанская, А. И. Румянцев, Р. Ф. Мюллер [и др.]. – Текст : непосредственный // Экспозиция нефть газ. – 2011. - № 4. – С. 33-36.

6. Румянцев, А. И. Экспериментальные микроволновые установки непрерывного действия / А. И. Румянцев, В. В. Иванов, Р. Ф. Мюллер. – Текст : непосредственный // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2009. - № 10. - С. 42-45.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛА И СПОСОБЫ ЕЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Хисматуллина И. З., ведущий специалист, ikhismatullina@yandex.ru
г. Тюмень, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

Аннотация. В статье рассматривается актуальная на сегодняшний день проблема биологической коррозии скважинного и нефтепромыслового оборудовании. Проанализирована специфика бактериального заражения нефтепромысловой среды и приведены применяемые методы предотвращения биокоррозии. Рассмотрены некоторые варианты бактерицидных добавок, их недостатки и преимущества.

Ключевые слова. Биокоррозия, бактерицидная добавка, бактерициды, коррозия оборудования.

Коррозия оборудования и трубопроводов продолжает оставаться острой проблемой в нефтегазодобывающей отрасли, требуя для устранения ее последствий значительных экономических затрат, в т.ч. расходы на ремонт и оплату штрафов.

Почва и природные поверхностные воды содержат большое количество микроорганизмов. Было установлено, что их наличие является причиной коррозионного разрушения металлов. При взаимодействии металлической поверхности и воды, содержащиеся в ней микроорганизмы прикрепляются к поверхности трубы и образуют устойчивые биопленки. Металл сооружений разрушается из-за того, что является питательной средой микроорганизмов, а также под действием продуктов их жизнедеятельности. Биопленка, в свою очередь, стимулирует коррозию производством кислоты, путем прямого окисления железа или производством сероводорода, разрушающего защитные покрытия [1].

Так, например, биокоррозия повреждает обсадную колонну как с внешней стороны по причине контакта с разными по составу, структуре и насыщенности пластами, так и с внутренней стороны из-за контакта с пластовой водой, нефтью и попутными газами. Причиной выхода из строя насосного и бурового оборудования, сквозных перфораций трубопроводов, коррозии стальных резервуаров, в основном в донной части, также является биокоррозия.

Одним из верных способов снизить затраты на восстановление и эксплуатацию поврежденного оборудования является мониторинг коррозии. Раннее обнаружение и назначение соответствующих мер позволяют уменьшить незапланированные убытки от аварий и расходы на ремонт. Для предотвращения микробиологического заражения необходимо обеспечивать контроль заражения рабочей среды микроорганизмами, вести

контроль химического состава среды, применять ингибиторы, использовать соответствующие защитные покрытия, предусматривать катодную защиту, производить очистку конструкций от отложений. Дезинфекцию от микроорганизмов проводят путем длительного хлорирования воды, в нагнетаемую в скважину воду вводят формальдегид, защиту наружной поверхности трубопроводов обеспечивают эпоксиэпоксиднокаменноугольные покрытия, а защиту внутренних поверхностей резервуаров и топливных систем – биоцидными добавками и эпоксидными покрытиями [2].

Биоцидные добавки представляют собой комплексные ингибиторы разных видов коррозии. Технической задачей изобретаемых добавок является получение водорастворимого комплекса, использование которого достаточно даже в малых дозировках. Для уверенности в эффективности используемого биоцида необходимо точно определить, какие виды микроорганизмов распространены в условиях конкретного месторождения. Благодаря полученным данным будущие исследования могут ограничиваться проверкой наличия микроорганизмов, представляющих наибольшую опасность.

Бактерицидные добавки рекомендуется добавлять в технологические жидкости при глушении скважины, прорыве мембраны колонны насосно-компрессорной трубы, повышении нефтеотдачи пластов, гидроразрыве пласта [3].

Способность микроорганизмов к адаптации и выработки устойчивости к биоцидам требует длительной процедуры подавления биокоррозии и постоянного контроля эффективности применения ингибиторов. Бесконтрольное применение и ошибки в расчете концентрации биоцидов могут дать обратный эффект, способствуя лавинообразному ускорению роста патогенных бактерий. Результатом применения биоцидных добавок является потеря нормальной активности фермента и гибель клеток микроорганизмов.

Основные требования к бактерицидным добавкам сводятся к следующему: должны легко смешиваться с водными растворами; не должны изменять физико-химических свойств нефтепродуктов; должны обеспечивать эффективную антимикробную защиту нефтепродуктов и водных слоев; должны иметь низкую температуру замерзания для возможности использования в регионах с суровым северным климатом; должны эффективно защищать нефтяное оборудование.

Широкий спектр требований к бактерицидам предполагает создание комплексных добавок. Наиболее распространенным примером подобных бактерицидов является четвертичная соль аммония: например, используют бактерицидные комплексы, содержащие полиалкиленгуанидин или его соли, низкомолекулярный полиэтиленгликоль или его сополимер и четвертичное аммониевое соединение. Однако их применение достаточно огра-

ниченное ввиду их высокой токсичности и необходимости применения в больших дозировках для достижения желаемого эффекта [4].

В качестве альтернативы используют биоцидные присадки на основе фосфата полигексаметиленгуанидина. Однако в данном случае добавки плохо растворимы в воде, требуют больших дозировок для получения значительного бактерицидного эффекта и замерзают при отрицательных температурах.

Авторы патента [4] предлагают использовать четвертичную аммониевую соль в комплексе с полигексаметиленгуанидином и растворителем (водным раствор спирта этилового и глицерина). Приведенная бактерицидная присадка является легкорастворимой в водных растворах, не токсична, имеет низкую температуру кристаллизации, эффективна даже при низких дозировках, не изменяет физико-химических и эксплуатационных свойств нефтепродукта.

Любые бактерицидные добавки будут более эффективны, если их использовать в сочетании с ингибиторами коррозии, которые имеют свое собственное бактерицидное действие, выраженное в проникновении в устоявшиеся биопленки.

Пробы воды после применения бактерицидных комплексов необходимо анализировать на содержание микроорганизмов и количество взвешенных частиц. Рекомендуемое снижение количества адгезированных микроорганизмов в результате обработки составляет 10-100 раз, а ожидаемый защитный эффект должен составить 60-98 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спешилов, Г. И. Биокоррозия в нефтяной и газовой промышленности / Г. И. Спешилов. – Текст : электронный // Нефтегазовая вертикаль. – 2019. – № 6. - URL : <http://www.ngv.ru/> (дата обращения : 27.03.2019).

2. Биокоррозия стальных конструкций / В. М. Кушнаренко, Ю. А. Чирков, В. С. Репях, В. Г. Ставищенко. – Текст : непосредственный // ВЕСТНИК ОГУ. – 2012. – № 6. – С. 160-164.

3. Мартынов, В. А. Источники происхождения и методы борьбы с бактериальной коррозией в условиях нефтегазодобычи на пермокарбоневой залежи Усинского нефтяного месторождения / В. А. Мартынов, С. К. Ким, Д. Г. Даниленко. – Текст : непосредственный // Нефтепромысловое дело. – 2018. – № 6. – С. 55-59.

4. Пат. 2522428 Российская Федерация, МПК С10L1/228 С10M141/00. Комплексная бактерицидная добавка : № 2013102946/04: заявл. 24.01.2013 : опубл. 10.07.2014 / Ковалев А. Ф., Шамсутдинов И. З. ; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Полипласт Новомосковск». – Текст : непосредственный.

УДК 504.062.4

**РЕКУЛЬТИВАЦИЯ БУРОВОГО ШЛАМА С ПОМОЩЬЮ
ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ, ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА
И ОМАГНИЧЕННОЙ ВОДЫ**

Альжанов К. С., бакалавр, kairat99_99@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В своей работе я исследовал способ рекультивации бурового шлама с помощью природных минералов, отходов производства и омагниченной воды. В результате из бурового шлама необходимо получить почвоподобную систему пригодную для развития растительности.

Ключевые слова: буровой шлам, омагниченная вода, фосфогипс, карналлит, фильтрационная способность.

Одной из наиболее актуальных проблем при разработке новых и эксплуатации существующих нефтяных месторождений является экологический ущерб, который проявляется изменением и загрязнением почв и грунтов, на различной глубине и на больших территориях. В результате накопления и захоронения на обширных территориях отходов бурения скважин, вредные химические примеси, нефтепродукты и другие опасные вещества, попадают и отрицательно влияют на окружающую природную среду и ее компоненты. В настоящее время в большинстве случаев, отходы бурения на нефтегазовых месторождениях консервируют в шламовых амбарах, закачивают в глубинные пласты или пустоты и также консервируют, или в редких случаях сжигают в специальных установках. Все эти способы утилизации достаточно энерго- и ресурсозатратные, и в конечном итоге оказывают негативное воздействие на некоторые, но взаимосвязанные компоненты окружающей среды, а в конечном итоге на окружающую среду в целом.

Цель исследований: Улучшить свойства буровых шламов за счет усиления оттока водорастворимых солей из бурового шлама на начальном этапе их рекультивации, для дальнейшего его преобразования в почвоподобную систему, пригодную для развития и жизни растений.

Методика опытов.

Исследовательская работа проводилась в лаборатории кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

Работу проводили следующим образом: брали пластиковые бутылки диаметром 4-5 см при высоте 20 см. На горлышко бутылки клали кружок из фильтровальной бумаги, затем обвязывали марлей. Буровой шлам пропускали через сито диаметром 1-3 мм. После чего пластиковую бутылку наполняли навеской бурового шлама 40 г и добавляли с периодичностью 2 г дозу коагулянта-мелиоранта, начиная с 0 г до 10 г. Подготовленную пластиковую бутылку с буровым шламом и дозой коагулянта-мелиоранта устанавливали в мерный стакан. Поверхность бурового шлама в бутылке покрывали кружком фильтровальной бумаги для предохранения от размывания. Воду подавали в буровой шлам с помощью мерного цилиндра емкостью 200 см³. После того, как добавили воду, записывали время начала впитывания. Контрольным является образец бурового шлама без добавления мелиоранта-коагулянта. Каждый эксперимент проводится в трехкратной повторности. Определяют количество профильтровавшейся воды: через каждые 15 мин в течение первого часа, через каждые 30 мин в течение второго и третьего часов и затем через часовые интервалы [1].

В данной работе использовались такие коагулянты, как фосфогипс и карналлит.

Фосфогипс - серовато-белая мелкокристаллическая масса. В зависимости от схемы переработки сырья фосфогипс состоит из двухводного или полуводного сульфата кальция (дигидрат или полугидрат), содержит примеси глинистых минералов, неразложившегося фосфата и фосфорной кислоты. [2].

Карналлит, химическая формула - $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$, встречается в сплошных зернистых массах. Кристаллы крайне редки. Образуется в природных солёных бассейнах при их высыхании. Является одним из главных минералов в калийных соляных месторождениях [3].

Омагниченная вода - вода, которая после воздействия относительно слабого магнитного поля на длительное время приобретает новые свойства.

Буровой шлам - это зернистая масса серого цвета без запаха, измельченная породоразрушающим инструментом и вынесенная на поверхность буровым раствором, удаленная из системы циркуляции средствами очистки [3].

Водопроницаемость бурового шлама в ходе исследований изменялась в зависимости от используемой фильтрующей жидкости, от используемого коагулянта и от дозы коагулянта. Наилучшие результаты были достигнуты в пробах бурового шлама с фосфогипсом, и бурового шлама с карналлитом, при использовании в качестве фильтрующей жидкости — омагниченной воды. Использование омагниченной воды, в паре с карналлитом или фосфогипсом, эффективно позволяет вытеснить катионы натрия и калия из состава бурового шлама и в значительной степени изменить его свойства, эта закономерность прослеживается в изменении фильтрацион-

ной способности исследуемого бурового шлама с различными концентрациями применяемых коагулянтов. Омагниченная вода улучшает процесс смачивания бурового шлама, уменьшается время фильтрации и увеличивается объем фильтрата, прошедшего через буровой шлам.

Наиболее эффективным с экологической точки зрения является фосфогипс, так как он в значительной степени улучшает свойства бурового шлама, а именно способность к фильтрации, и при совокупном взаимодействии этих двух отходов происходит их взаимная нейтрализация, что положительным образом повлияет на состояние окружающей природной среды, а также позволит значительно снизить энергозатраты на утилизацию и рекультивацию этих отходов. Также в результате применения омагниченной воды и фосфогипса, буровой шлам из бесструктурного состояния начинает переходить в более структурированный комплекс, почвоподобную систему с достаточным содержанием солей, минеральных веществ и оптимальным кислотно-щелочным уровнем, необходимых для роста и развития растительности, на обширных территориях занятых и загрязненным буровыми амбарами. Применение омагниченной воды и карналлита на буровых шламах, также показало достаточно хорошие результаты по оструктуриванию и обогащению бурового шлама, необходимыми минеральными и химическими элементами, но по объемам фильтрата немного уступает пробам с омагниченной водой и фосфогипсом.

В ходе эксперимента, получены хорошие результаты, с экологической точки зрения, применение омагниченной воды с карналлитом или фосфогипсом на буровых шламах практически одинаково эффективно, дальнейший выбор коагулянта для рекультиваций бурового шлама, зависит от экономической стороны, т.е. от затрат на хранение и доставку одного из этих коагулянтов до загрязненных буровыми отходами территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Король, В. В. Утилизация отходов бурения скважин / В. В. Король, Г. Н. Позднышев, В. Н. Манырин. – Москва : KALVIS, 2005. – 145 с. – Текст : непосредственный.

2. Кирюшин, В. И. Использование фосфогипса для мелиорации солонцов Западной Сибири, Зауралья и Северного Казахстана: Рекомендации / В. И. Кирюшин, Н. В. Семендяева, Л. А. Жеронкина. – Новосибирск : ВАСХНИЛ. Сиб. отделение. СибНИИЗХим, 1989. – 20 с. – Текст : непосредственный.

3. Старков, В. Д. Геология и геоморфология : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "География", "Геология", "Экология" / В. Д. Старков, Л. А. Тюлькова. – Тюмень : ИПП "Тюмень", 1997. - 352 с. – Текст : непосредственный.

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЧВЫ ПУТЕМ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ ПРИ ВНЕСЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СОРБЕНТОВ НА ФОНЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «БАК - ВЕРАД» И ДРУГИХ ИЗУЧЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Альжанов К. С., бакалавр, kairat99_99@mail.ru
Ересько Т. В., бакалавр, ereskot@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Тематикой нашей работы является создание благоприятных условий для эффективной рекультивации в нефтяных шламах посредством применения биодеструкторов и минеральных удобрений. В соотношении, экспериментально проверенном нами, происходит максимальное снижение концентраций нефти с минимальными затратами энергетических и материальных ресурсов и высокой степенью очистки почвы.

Ключевые слова: Рекультивация, нефтяной шлам, биодеструкторы, минеральные удобрения, исследование, нефтеразлагающие бактерий.

Одной из актуальных проблем человечества на сегодняшний день является защита природной среды от нефтегазового комплекса. Несмотря на высокое развитие технологий в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли при проведении различных производственных процессов образуются сильные загрязнители природной среды — нефтяные шламы, состоящие из нефтепродуктов, механических примесей (глины, окислов металлов, песка) и воды. Поэтому, приоритетным и определяющим подходом к решению проблемы данного направления является создание оптимальных условий для существования нефтеразлагающих бактерий, которые характеризуются внесением определенных препаратов, стимулирующих снижение концентраций нефти в среде.

Нефтешламы – это сложные физико-химические смеси, которые состоят из нефтепродуктов и механических примесей, таких как: глина, окиси металлов, песок и вода и образуются они при добыче, переработке, транспортировке и хранении нефти. При этом соотношение компонентов, составляющих нефтешламы, может быть различным.

Образование нефтешламов происходит как в результате контролируемых процессов, например, в ходе предварительной очистки нефти от механических примесей и воды, как и от возможных аварий [1].

Методика опытов.

Варианты исследований по обезвреживанию нефтешламов формировались для каждого из 11 вариантов эмпирическим путём: отбирались навески нефтешлама массой 25г, песка – 25г и торфа – 50г, с последующим

внесением различных доз сорбента «Глауконит», биодеструктора «Бак - Верад» в рекомендованных дозах, препарата «Hydrobreak» и азотно-фосфорных удобрений. Доза изучаемых сорбентов бралась в процентном соотношении от массы нефтешлама в количестве 5%, 10% и 15%. Биодеструктор «Бак - Верад» разводили с водой в соотношении 1:50 и поливали полученные образцы. Минеральные удобрения по 0,7 - 0,8гр разбавлялись в 100мл воды, бактериальный препарат «Гидробрейк» вносился в количестве 1 мл на 100гр полученной смеси. Влажность образцов поддерживалась в пределах 60%. Содержание нефтепродуктов в нефтяном шламе определялись через каждые 2 недели в течение трёх месяцев.

Нефтеразлагающий препарат «Бак - Верад» - это бактериальный препарат - биодеструктор нефтяного загрязнения, который предназначен для биологической очистки почвенных покровов, песка, водных объектов и других неагрессивных сред от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Это естественные, нетоксичные, непатогенные и улучшенные микроорганизмы, специально отработанные по критерию эффективности метаболизации сложных углеводородных соединений. Работа препарата, по рекультивации земель и переработке нефтешламов очень эффективна при высоких и низких степенях загрязнения (от 1% до 80%) и температуре +10°C - +40°C.

Препарат «Hydrobreak» (Гидробрейк) характеризуется тем, что не загрязняет окружающую среду и имеет свойство полного биологического разложения. Является биоактиватором, предназначенным для удаления запаха дизельного топлива и очистки оборудования. Принцип действия данного препарата заключается в моментальном расщеплении длинных углеводородных молекулярных цепочек на более короткие и доступные для разложения. Его уникальный состав стимулирует рост нефтеразлагающих бактерий, которые питаются молекулами углеводов.

Эффективный минерал «Глауконит» является распространённым во всех геологических системах (песках, глинах, известняках) и наделён такими свойствами, как очистка и сорбирование множества различных веществ. В экологии используется для оздоровления и восстановления почв, очистки сточных вод, ликвидации техногенных загрязнений почв и водных объектов (нефтепродукты, тяжелые металлы, радионуклиды).

Минеральный сорбент «С - Верад» предназначен для сбора не только нефти и её производных, но и многих других токсичных жидкостей, таких как: дизтопливо, кислоты, щёлочи, масла и жиры. Нефтеёмкость сорбента составляет 9г на 1г препарата «С - Верад». Данный препарат является полностью пожаро - взрывобезопасным, а его отмершие клетки легко усваиваются как удобрение.

Высокая динамика снижения содержания нефтепродуктов в нефтяном шламе отмечена при дозе эффективного сорбента «Глауконит» в количестве 10% от массы нефтешлама на фоне применения биодесруктора

«Бак - Верад» и других изучаемых компонентов. На последнем этапе исследований (через 3 месяца) содержание нефтепродуктов снизилось с 240000 мг/кг (контрольное содержание нефтепродуктов в нефтешламе) до 21262,5 мг/кг, что составляет 91,1%. На основе результатов проведенного нами опыта, мы можем сделать вывод, что применение биодеструкторов нефти это достаточно эффективный и экологически чистый способ обезвреживания нефтешламов. Остаточную концентрацию нефти и ее компонентов в почве можно регулировать посредством изменения некоторых условий для развития биодеструкторов. По результатам опыта, для различной степени загрязненности почвы, подобрать необходимое соотношение, нефтедеструкторов, сорбентов и минеральных удобрений, не составит труда. Также нами были рассмотрены два препарата, на основе других штаммов микроорганизмов, это биодеструкторы НХ7, (штамм *Rhodococcus* sp.) который является разработкой ГосНИИГенетики г.Москва и Лестан (бактериальный препарат на носителе с добавлением ПАВ в количестве 1-2 г ПАВ/л суспензии), разработка Киевского госуниверситета пищевых технологий (Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины, г. Киев). Препарат НХ7 активен при невысоких положительных температурах (+5 - +30° С) и высоком содержании нефти в среде, при рН среды $4 \cdot 5^{-10}$, также немаловажным плюсом является то, что он не требует предварительной активации перед использованием. Препарат Лестан устойчив к замораживанию и нагреву, т.е. может работать и при низких положительных температурах, обеспечивает разложение нефти до 90% в течение 30 - 40 дней. А при обработке поверхностей препарат наносится в виде биопены. Таким образом, применение биодеструкторов это новый и более действенный, по сравнению с другими способами обезвреживания нефтешламов. Применение в различных средах и климатических условиях практически не ограничено, так как в настоящее время имеются разработки различных препаратов со штаммами микроорганизмов способных разлагать нефть в различных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазлова, Е. А. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. / Е. А. Мазлова, С. В. Мещеряков. - Москва : Печ. издательский дом «Ноосфера», 2001. – 56 с. - Текст : непосредственный.

УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Афонин К. В., канд. техн. наук, зав. кафедрой ТГВ, afoinkv@tyuiu.ru
Жилина Т. С., канд. техн. наук, доцент кафедры ТГВ, zhilinats@tyuiu.ru
Загорская А.А., ст. преподаватель кафедры ТБ, zagorskajaaa@tyuiu.ru
Павлова М. Н. бакалавр, ravmashanic@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Статья посвящена проблеме утилизации твердых коммунальных отходов города Тюмени. В работе производится оценка генерации метана из отсортированных отходов коттеджных застроек и таунхаусов. Рассчитаны потребности в тепловой энергии и определена энергоэффективность потребления биометана по месту образования.

Ключевые слова: биометан, ТКО, метаногнез, вторичные энергетические ресурсы

По статистике ежегодно в мире производится около 7,7 млрд тонн отходов. В Тюменской области ежегодно около 2,5 миллионов тонн отходов, из которых обезвреживаются только 73,5% [1].

Твердые коммунальные отходы составляют до 56% от общего объема отходов. Развитие системы обращения с ТКО в России отстает от общемировых практик в связи с низкой культурой населения в области обращения с отходами. Поэтому отходы селитебных территорий разлагаются на открытом воздухе на свалках и полигонах за городом, либо в черте города, что недопустимо, так как наносит вред окружающей среде и людям. [2]

В качестве решения сложившейся экологической проблемы, предлагается сбраживание отходов, входящих в состав ТКО в биогаз, получаемый путем метанового брожения биомассы в реакторах [3].

Данный способ универсален, поскольку позволяет утилизировать практически все виды отходов. Кроме того, побочные продукты метанового сбраживания (гумус и углекислый газ) могут использоваться в сельскохозяйственных целях для интенсификации роста растений [4].

Также, метаногенерирующую установку можно использовать для создания тепловой энергии из биометана, что позволяет компенсировать затраты тепловой энергии на отопление в малоэтажном строительстве (коттеджи, таунхаусы, дуплексы, здания высота, которых не превышает 2-3 этажа).

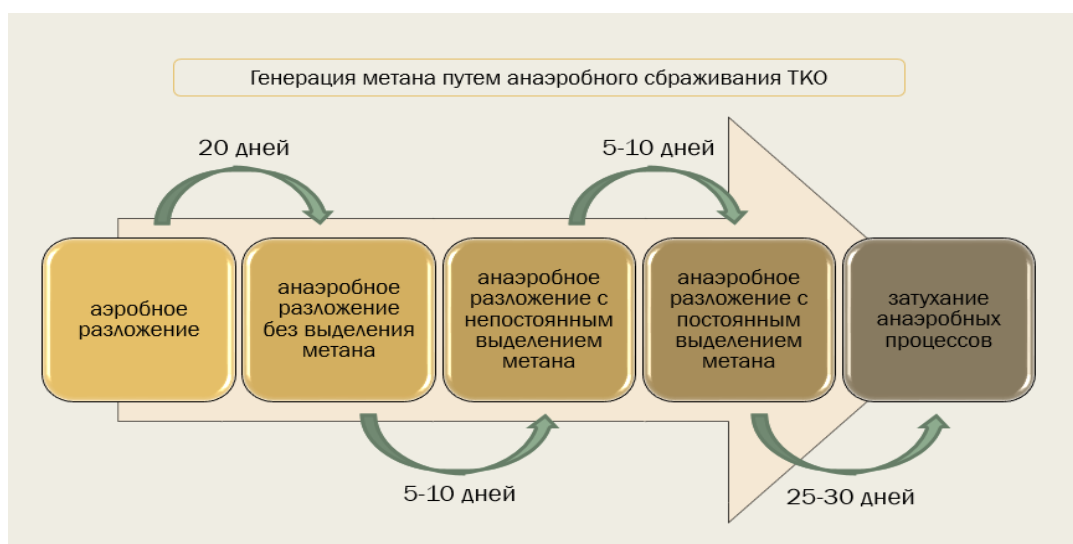


Рис. 1. Этапы метанового брожения отходов в искусственных условиях

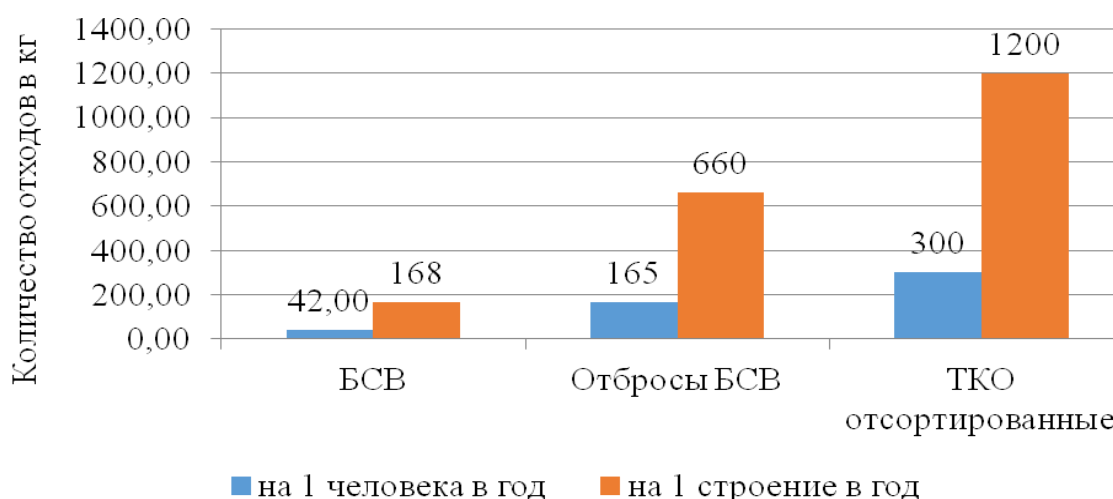


Рис. 2. Источники образования отходов на территориях с малоэтажной застройкой

Решением сложившейся проблемы может стать локальная установка метанового брожения, в которой сырьем для получения биогаза служит смесь из отсортированных твердых коммунальных отходов и отбросов бытовых сточных вод, провоцирующих засоры и аварии на сетях водоотведения. На первой стадии из отходов извлекаются неперерабатываемые компоненты (пластик, стекло, металл и т.д.). Отбросы подвергались декантации, после чего смесь отходов была измельчена. Удельное количество отходов, образующихся при эксплуатации селитебных территорий с малоэтажной застройкой приведены на рисунке 2.

По общему количеству отходов можно рассчитать выход биогаза за различные периоды времени (Таблица 1).

Таблица 1

Общее количество метана в период стабильной генерации			
выход метана	кг/ч	кг/сут	кг/год
		0,044258389	1,06220

Установок для сбраживания отходов селитебных территорий на рынке не представлено. Существующие аналоги предназначены для сбраживания жидких и пастообразных отходов, чаще всего сельскохозяйственных, с другим содержанием биогенных компонентов. Большая часть существующих установок метанолиза не оборудована дополнительными устройствами, позволяющими регулировать и интенсифицировать процесс получения метана. Разрабатываемая установка метанолиза (МГУ) позволяет решить следующие задачи:

1. Компенсировать примерно 17% тепловых затрат на снабжение жилого комплекса.

2. Размещать сооружения для метанолиза на селитебных территориях в соответствии с техническими, санитарно-гигиеническими и экологическими требованиями.

3. Утилизировать до 75% твердых коммунальных отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2018 году. – Текст : электронный // Правительство Тюменской области : [сайт]. – URL : https://admtumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11653171 (дата обращения: 10.11.2019).

2. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденная Указом Президента РФ от 19 апреля 2017 г. N 176. – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт» : [сайт]. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/420396664> (дата обращения: 10.11.2019).

3. Столярова, Е. Ю. Биогаз из отходов / Е. Ю. Столярова, М. Н. Котляр. – Текст : электронный // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 1141-1145. – URL : <https://e-koncept.ru/2016/86246.htm> (дата обращения: 10.11.2019).

4. Афонин, К. В. Переработка отходов селитебных территорий с целью получения вторичных энергетических и материальных ресурсов / К. В. Афонин, А. А. Загорская. – Текст : непосредственный // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2017 - № 4 (33). - С. 65 – 73.

АНАЛИЗ РИСКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ НА СТАНЦИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕКАЧИВАНИЯ НЕФТИ

Бурлаков А. С., магистрант.

Григорьева В. Н., магистрант.

Литвинова Н. А., канд. техн. наук, доцент, litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Объекты нефтеперерабатывающей промышленности относятся к взрывопожароопасным и поэтому вызывают необходимость проведения анализа риска аварии. Были выявлены опасности и проведена оценка риска с учетом воздействия поражающих факторов возможных аварий на персонал, население, окружающую среду. Предложены мероприятия по снижению риска аварий.

Ключевые слова: станция подготовки и перекачки нефти, анализ риска аварий, мероприятия по снижению уровня риска.

В связи с постоянным присутствием горючих веществ проектируемые объекты относятся к взрывопожароопасным, а поэтому вызывают необходимость проведения анализа риска.

В процессе анализа риска ставится задача проведения следующих процедур: идентификации опасностей; оценки уровня риска; разработки рекомендаций по уменьшению риска.

Целью анализа риска является выявление опасностей и количественная оценка риска с учетом воздействия поражающих факторов возможных аварий на персонал, население, окружающую среду.

Анализ риска аварий проводился с использованием утвержденных методических материалов.

Основная задача этапа идентификации опасностей - выявление и описание всех присущих рассматриваемым объектам опасностей. В соответствии с Федеральным законом «О безопасности объектов промышленности», проектируемые объекты относятся к категории IV опасных производственных объектов, на которых получают, перерабатываются, транспортируются горючие вещества - жидкости, газы, способные возгораться от источников зажигания [1].

Аварийные ситуации на рассматриваемых объектах возникают в результате воздействия различных факторов, отражающих особенности проектирования, строительства и эксплуатации технологического оборудования и трубопроводов в конкретных условиях окружающей природной и социальной среды [2].

Необходимо отметить, что предусмотренные проектные решения обеспечивают надежную безаварийную работу объектов в течение работы установок, но, полностью чрезвычайных ситуации, как понятно, избежать невозможно. Причинами аварии на рассматриваемых объектах могут быть: некачественное строительство; отхождение от проекта; коррозия трубопроводов и оборудования; механические нарушения; нарушения техники безопасности и пожарной безопасности; нарушение технологического регламента на эксплуатацию; все случаи разгерметизации оборудования и трубопроводов и создания на площадке любой степени загазованности, включая и локальные очаги.

В процессе анализа риска было выявлено, что уровень риска в пределах нормы, однако имеется возможность снижения риска путем внедрения новой технологии с применением нового емкостного оборудования для обезвоживания нефти.

В таблице 1 описаны сценарии аварий и их последствия.

Таблица 1

Описание наиболее опасных и вероятных сценариев аварий

Опасный сценарий		Вероятный сценарий	
№ сценария	описание сценария	№ сценария	описание сценария
С ₁	Полное разрушение резервуара → разлив нефти → образование парогазового облака → появление источника зажигания → пожар разлива → разрушение объекта → загрязнение атмосферы → ущерб окружающей среде и предприятию	С ₂	Разгерметизация трубопровода, запорной арматуры резервуара → разлив нефти → образование парогазового облака → появление источника зажигания → пожар разлива → разрушение объекта → загрязнение атмосферы → ущерб окружающей среде и предприятию
С ₄	Разгерметизация трубопровода, запорной арматуры резервуара → истечение нефти → взрыв с образованием огненного дрейфующего шара → разрушение объекта → загрязнение атмосферы → ущерб окружающей среде и предприятию	С ₃	Полное разрушение сепаратора → разлив нефти → образование парогазового облака → появление источника зажигания → взрыв → разрушение объекта → загрязнение атмосферы → ущерб окружающей среде и предприятию

Для предотвращения аварийных выбросов опасных веществ на рассматриваемых объектах предусмотрены следующие мероприятия:

- герметизированная система подготовки нефти;
- комплексная автоматизация технологических процессов;
- защита сооружений и трубопроводов от коррозии;

– сброс с предохранительных клапанов аппаратов, опорожнение аппаратов в специальные емкости с последующим возвратом в технологический процесс;

– сбор промышленных стоков с технологических площадок в технологический процесс.

В целях предупреждения развития аварий и локализацию выбросов опасных веществ предусматривается:

– соблюдение расстояний между сооружениями и аппаратами с учетом нормативных документов;

– прокладка трубопроводов в единых технологических коридорах;

– канализация технологических площадок.

– размещение технологического оборудования на открытых площадках;

– обвалование площадок.

Таким образом, проведен анализ риска аварий, предложены решения по исключению разгерметизации оборудования и предупреждения развития аварии с последующей локализацией аварийных выбросов опасных веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров, А. Ф. Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств / А. Ф. Егоров. – Москва : Право, 2018. – 258 с. – Текст : непосредственный.

2. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Безопасность жизнедеятельности" / Б. С. Мастрюков. – Москва : Академия, 2012. – 368 с. – Текст : непосредственный.

РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ГЛУБИНЫ ЗОНЫ ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ ПРОЛИВА РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ

Васильев Е. А., магистрант.

Бурлак В. В., магистрант.

Литвинова Н. А., канд. техн. наук, доцент, litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Станции подготовки и перекачки нефти являются одним из потенциально опасных объектов. Риск возникновения пожара здесь достаточно велик, чтобы обеспечить промышленную безопасность объекта проведено прогнозирование опасных зон при пожаре. Рассчитана глубина опасной зоны пожара пролива и плотность теплового излучения пламени.

Ключевые слова: нефтеперекачивающая станция, взрывопожароопасность, прогноз зон поражения.

Нефтеперекачивающие станции являются одним из опасных объектов нефтяной промышленности. Риск потенциальной аварии, например, пожара достаточно велик [1].

Категории помещений на данных объектах относят к группе В-1Г.

Для обеспечения промышленной безопасности на таких объектах, одной из мер защиты, которую относят к группе организационных - это прогнозирование.

Основными процессами на нефтеперекачивающей станции являются подготовка нефти, воды, транспортирование к перерабатывающим пунктам, глубокое обезвоживание и обессоливание нефти. Часть попутно добываемого газа используется на собственные нужды, а остальная часть сжигается на факеле.

Процессы первичной подготовки нефти являются взрывопожароопасными.

Следующие случаи вызывают аварийную остановку оборудования:

Нарушение герметичности, излишняя загазованность, отсутствие электроэнергии и другие случаи.

Цель данной работы расчет интенсивности теплового излучения и глубины зоны поражения при воздействии теплового излучения пожара пролива резервуаров нефтеперекачивающей станции.

Интенсивность теплового излучения q , кВт/м², рассчитывают по формуле [2]:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (1)$$

где E_f - среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м²; F_q - угловой коэффициент облученности; τ - коэффициент пропускания атмосферы. E_f - среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени принимают на основе имеющихся экспериментальных данных.

Рассчитывают эффективный диаметр пролива d , м, по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}, \quad (2)$$

где S - площадь пролива, м².

Рассчитывают высоту пламени H , м, по формуле:

$$H = 42d \left(\frac{m}{\rho_v \sqrt{gd}} \right)^{0,61}, \quad (3)$$

где m - удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м с); ρ_v - плотность окружающего воздуха, кг/м³; g - ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

Результаты расчетов интенсивности теплового излучения при пожаре пролива нефти приведены в таблице 1.

Таблица 1

Глубина зон поражения при воздействии теплового излучения пожара пролива РВС-2000

Степень поражения	Интенсивность теплового излучения, кВт/м ²	Радиус зоны, м
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4	86
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2	40
Непереносимая боль через 20-30 с Ожог 1-й степени через 15-20 с Ожог 2-й степени через 30-40 с Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин	7,0	31,3
Непереносимая боль через 3-5 с Ожог 1-й степени через 6-8 с Ожог 2-й степени через 12-16 с	10,5	27,3
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12%) при длительности облучения 15 мин	12,9	26
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганой поверхности; воспламенение фанеры	17,0	24,87

Таким образом, были спрогнозированы плотность теплового излучения пламени и глубина опасной зоны при пожаре пролива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прусенко, Б. Е. Анализ аварий и несчастных случаев в нефтегазовом комплексе России / Б. Е. Прусенко, В. Ф. Мартынюк. – Москва : ООО «Анализ опасностей», 2001. – 258 с. – Текст : непосредственный.

2. Маркеев, В. А. Противопожарная защита объектов резервуарного парка ОАО «НК «Роснефть» / В. А. Маркеев, С. С. Воевода. – Москва : Нефтяное хозяйство, 1996. – 98 с. – Текст : непосредственный.

УДК 504.054

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТАЛЫМИ ВОДАМИ СНЕЖНЫХ ПОЛИГОНОВ

Воронов А. А., аспирант, teplooo@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Статья посвящена экологическому аспекту утилизации городских снежных масс. Приведены исследования состава снежных масс, поступающих на полигон, и воды водного объекта.

Ключевые слова: снежные полигоны, загрязнение водных объектов, системы очистки талого стока, противогололедные реагенты.

Уборка городских территорий в зимний период необходима для обеспечения нормальной работы городского транспорта и удобных условий жизни горожан. Удаление снега с урбанизированных территорий сокращает пиковые нагрузки на дождевую систему водоотведения в период таяния снега, а также на хозяйственно-бытовую систему водоотведения, принимающую талые воды в этот период.

По существующей практике в большинстве российских городов создаются сухие снежные свалки, размещение и функционирование которых в настоящее время не регламентировано нормативными документами.

СП 32.13330.2018 выделяет взвешенные вещества, нефтепродукты, органические вещества как основные показатели загрязнения талых вод городов. Как показали ранее проведенные исследования, концентрация взвешенных веществ в талой воде достигает 9160 мг/л, ХПК – до 2150 мг/л, нефтепродуктов – до 2,55 мг/л [1].

Концентрации указанных загрязнений в снежной массе, убираемой с проезжей части и тротуаров снегоуборочными машинами, также высоки: взвешенные вещества – до 1110-5260 мг/л, ХПК – до 537-1012 мг/л, нефтепродукты – до 3,5-6,1 мг/л.

Обращают на себя внимание высокие значения сухого осадка в исследуемых снежных массах: от 4,6 до 17,2 мг/л. Это напрямую зависит от использования в зимний период противогололедных реагентов [2]. В практике эксплуатации дорог городов широко применяется реагент «Галит», на 96,5-98,1% состоящий из хлорида натрия. Реагент «Бионорд» в зависимости от марки содержит: хлорид натрия – 20-95%; хлорид кальция – 4-50%; хлорид калия – 5-15%.

Солесодержание талой воды, полученной из снежных масс с городских дорог выше, чем талой воде, поступающей в систему дождевой канализации в весенний период [1]. Это связано с тем, что покрытия зданий и газоны не обрабатываются противогололедными реагентами, а талая вода с этих поверхностей поступает в общий поток талых сточных вод.

Подготовка территории под снежную свалку, как правило, сводится к планировке площадки без устройства водонепроницаемого основания, дренажной системы, систем очистки талой воды, что приводит к загрязнению прилегающих почв и водоемов, подъему уровня грунтовых вод [3]. Поступающий на полигоны снег имеет достаточно высокую степень загрязнения. Кроме приведенных выше показателей, необходимо учитывать поступление на площадку полигона песка, мелких фракций щебня, бытового мусора, которые попадают в снеговые массы при работе техники по уборке снега (Рис. 1).



Рис. 1. Состояние территории снежного полигона (район Воронинских горок)

Например, в непосредственной близости к территории снежной свалки в районе Воронинских горок находятся озеро Цимлянское и два водоема без названия, которые относятся к категории культурно-бытового водопользования. Проведенный количественный химический анализ воды ближайшего водного объекта показал отклонение от нормативных значений по показателям: хлориды – до 1400 мг/л при нормативном значении показателя для водоемов указанной категории 350 мг/л; сухой остаток – до

2920 мг/л [4]. Это не характерно для местных пресноводных водоемов и может быть связано с постепенным загрязнением водного объекта талыми водами ближайшей снежной свалки. Наблюдается постепенное увеличение минерализации воды водоема: в октябре 2018 года перед началом заполнения полигона снежными массами этот показатель составлял 2310 мг/л.

Для защиты водных объектов необходима очистка талого стока полигонов. Таяние снега на полигоне продолжается с апреля по июнь. Для снижения степени периодичности действия очистные сооружения, выравнивания потока талых вод по расходам и составу следует проектировать накопительного типа, а также предусматривать плавление снежной массы [5]. При наличии в технологической схеме этапа обессоливания образуются промывные воды с высоким солесодержанием. Осадок сооружений отстойного типа требует утилизации.

Перспективным направлением очистки талого стока являются пассивные системы очистки с использованием местных фильтрующих материалов [6]. В Тюменской области имеет достаточное количество месторождений торфа, имеющегося низкую стоимость, хорошие фильтрующие свойства, механическую прочность, стабильность свойств, имеющего возможность утилизации после завершения сезонного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов, А. А. Совершенствование рациональных городских инженерных систем очистки поверхностных сточных вод / А. А. Воронов, Е. С. Малышкина, Е. И. Вялкова, С. В. Максимова – Текст : непосредственный // Градостроительство и архитектура. – 2018. – Т. 8. – № 3. – С. 43-50.
2. Примин, О. Г. Экологическая оценка использования противогололедных реагентов в зимний период в г. Москве / О. Г. Примин, А. Э. Тен – Текст : непосредственный // Экология и промышленность России. – 2018. – № 22 (4). – С. 11-15.
3. Лобкина, В. А. Оценка опыта эксплуатации снежных полигонов в России, альтернативные способы борьбы со снегом / В. А. Лобкина, М. В. Михалев. – Текст : непосредственный // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 1. – С. 60-65.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования : ГН 2.1.5.1315-03 : утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003 : ввод в действие с 15.06.2003. - Москва : ЭНАС, 2003. – 94 с. – Текст : непосредственный.
5. Варюшина, Г. П. Практические аспекты эксплуатации очистных сооружений поверхностных сточных вод в зимний период / Г. П. Варюшина, О. Г. Примин. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 1. – С. 47-55.

6. Продоус, О. А. Опыт применения технологии торфяной фильтрации для очистки поверхностных сточных вод / О. А. Продоус, А. В. Михайлов. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 3. – С. 34-39.

УДК 504.3.054

ТЕХНОЛОГИЯ ОСАЖДЕНИЯ ПАРА КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ВЫБРАСЫВАЕМЫХ ИЗ ГРАДИРЕН ВЕЩЕСТВ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Глебова Н. С., аспирант, glebovans@tyuiu.ru

Логачев В. Г., д-р техн. наук, профессор кафедры КС, logachevvg@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Энергетика – важнейшая отрасль экономики, которая важна для полноценного развития человечества. Теплоэлектростанции – самый популярный вид генерации электрической энергии. Но они оказывают значительное отрицательное воздействие на природную среду. Таким образом, данный вопрос является актуальным. В статье рассматривается влияние градирен на природную среду, а также способ, позволяющий уменьшить выброс пара в атмосферу.

Ключевые слова: энергетика, градирня, природная среда, экология, техносферная безопасность

В настоящее время энергетика является одной из загрязняющих отраслей. Она влияет на тепловой баланс атмосферы, качество воздуха, а также изменение климата. Из-за этого увеличивается среднегодовая температура атмосферы, что ведет к глобальному потеплению. Но без развивающейся энергетики невозможно стабильное развитие экономики. Именно энергетика обеспечивает работу промышленности, сельского и коммунальных хозяйств, транспорта [1].

В общем топливно-энергетическом балансе планеты доля энергетики на органическом топливе составляет более 90%. Поэтому тепловая энергетика является одним из главных источников загрязнения природной среды [2].

На здоровье человека негативное влияние оказывает загрязнение воздуха пылью, диоксидом серы, диоксидом азота, фенолом, свинцом, формальдегидом, хлором, фтористым водородом, аммиаком, диоксидом, фураном, оксидом углерода, сероводородом и хлористым водородом.

Градирня - устройство для охлаждения воды направленным потоком атмосферного воздуха.

Рассмотрим способ осаждения пара в градирне. Внутри градирни (Рис.1) располагают усеченный конус и излучатели звука так, чтобы звук отражался по всему объему градирни. К боковой поверхности усеченного конуса генерируют излучателями звук. Он отражается к внутренней поверхности градирни. Отраженным звуком создают звуковое поле в виде стоячих волн внутри градирни. Затем в градирню подают на оросительную систему теплую воду для ее охлаждения. Капельки пара, двигаясь вверх, попадают в звуковое поле стоячих волн, коагулируются и осаждаются в резервуар [3].

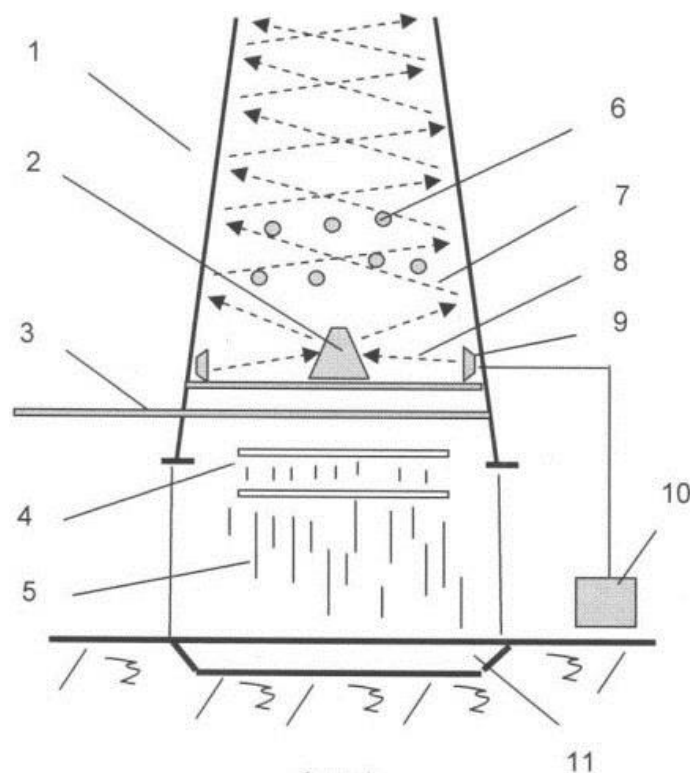


Рис. 1. Способ осаждения капелек пара в градирне

Данный способ позволит уменьшить выброс пара из градирен в атмосферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глебова, Н. С. Влияние энергетики на климатические изменения / Н. С. Глебова, В. Г. Логачев. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов. – Тюмень, 2018. - С. 64-65.
2. Бахтиерова, Н. Б. Влияние выбросов предприятий теплоэнергетики на окружающую среду и здоровье населения / Н. Б. Бахтиерова, Б. М.

Сулейменова – Текст : непосредственный // Теория и практика современной науки. – 2016. - № 4 (10). - С. 110-113.

3. Пат. 2360198 Российская Федерация, МПК F28C 1/00 (2006.01). Способ осаждения пара в градирне : № 2008101013/06 : заявл. 09.01.2008 : опубл. 27.06.09 / Логачев В. Г., Савиных Ю. А., Логачев С. В. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тюменский государственный нефтегазовый ун-т" (ТюмГНГУ). - Текст : непосредственный.

УДК 66-963

ПТИЧИЙ ПОМЕТ – АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АГРАРНОЙ РОССИИ

Глоба Н. И., магистрант, 96globa@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Тюменская область занимает одно из лидирующих мест по производству яиц, так как на ее территории находится семь птицефабрик, в том числе «Птицефабрика «Боровская», которая является одной из крупнейших фабрик по производству яйцопродуктов в России и Европе. Кроме большого объема готовой продукции Тюменские птицефабрики производят огромное количество куриного помета, которое при вторичной переработке может обеспечить не только собственные нужды, но и дать региону большое количество альтернативного источника энергии – биогаза.

Ключевые слова. Энергоэффективные технологии, переработка куриного помета, метантенк, биогаз.

В современном мире все больше набирает популярность тенденция замены энергоресурсов с традиционных углеводородных ресурсов на альтернативные, например, биогаз.

Одним из распространенных и наиболее эффективных современных энерго- и ресурсосберегающих способов переработки органических отходов является технология их анаэробного сбраживания в метантенках (реакторах) или анаэробных колоннах с получением биогаза. Частично энергию, получаемую в результате переработки биогаза, направляют на поддержание процесса (до 15–20 % зимой). Бактерии перерабатывают биомассу в метан при температуре выше 25 С [2]. Способ получения биогаза основан на интенсивном разложении органики с помощью специальных коферментов и условий. Жидкие и твердые фракции куриного помета подаются в реактор, там они сбраживаются и перемешиваются. На выходе получают обеззараженное от гельминтов удобрение и биогаз. Он поступает в газ-

гольдеры, очищается и хранится. Для дальнейшего использования газ поступает в когенерационный блок на базе биогазгенератора, где вырабатывается электроэнергия и тепло. Эта технология имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными способами компостирования и аэробной обработки: при аэробной очистке отходов образуется избыточный активный ил, в который переходит до 50% всей энергии исходного органического вещества, тогда как в анаэробных процессах до 90-95% всей энергии субстрата аккумулируется в виде биогаза (метана) с энергетической ценностью $(2,2 - 2,7) \cdot 10^7 \cdot \text{Дж} \cdot \text{м}^{-3}$, что делает его энергоносителем, пригодным для использования с получением электроэнергии и тепла. При этом решается проблема защиты окружающей среды – предотвращение загрязнения воздушных, почвенных и водных масс патогенными и условно патогенными болезнетворными микроорганизмами.

Жир и белок расщепляются с высоким выделением метана, а углеводы – выделяют углекислый газ. Смесь выделенных газов – это биогаз. Процесс разложения происходит под воздействием анаэробных микроорганизмов, которые в процессе жизнедеятельности разлагают исходный субстрат.

Основные стадии сбраживания: ферментативный гидролиз; кислотообразование; ацетогенная; метаногенная. По температуре работы биореактора процесс анаэробного сбраживания можно разделить на: психрофильный (температура до 20°C); мезофильный (температура 33°C); термофильный (температура равна 53°C). Выбор температуры зависит от исходных условий работы биореактора: технико-экономических, санитарно-гигиенических, природоохранных для обеспечения полного цикла сбраживания. Принципиальная схема метантенка включает в себя следующее: ёмкость или резервуар, круглого или прямоугольного в плане, с коническим днищем; перекрытие; колпак, расположенный над перекрытием, в нем накапливается и впоследствии забирается газ; система перемешивания; система обогрева; система отведения и сброса биогаза; система подачи и вывода осадка; система рециркуляции и отвода иловой воды.

Данная технология переработки куриного помета предусматривает выполнение нескольких этапов: транспортирование помета к месту переработки, очистку сырья от крупных неорганических частиц, измельчение и гомогенизацию материала, подготовку поступающего сырья по влажности и температуре, поступление сырья в метантенк, далее будет производиться анаэробное сбраживание, очистка вырабатываемого биогаза от примесей (влага, углекислый газ), транспортирование биогаза потребителям, при необходимости — его хранение в специальном резервуаре (газгольдере), последующая переработка образовавшегося после анаэробного сбраживания жидкого шлама.

Нормальная влажность помета для сбраживания, составляет примерно 90-92%. Чтобы приготовить исходное сырье необходимой влажности,

его обычно перемешивают с перебродившей массой помета. При этом будет обеспечено равномерное распределение в нем метановых бактерий. На метане, выделяющимся в биореакторе, может работать котельная в зимнее время, так же может работать двигатель с генератором, который будет вырабатывать электроэнергию, необходимую птицефабрике. Этим же метаном могут заправляться автомобили и трактора, оборудованные газовой аппаратурой. Несмотря на то, что в Тюменской области большой потенциал для внедрения энергоэффективных технологий в сельском хозяйстве, сейчас данное направление развито мало, так как существует ряд юридических сложностей. Например, для использования, переработки, складирования и утилизации навоза необходимо иметь лицензию на осуществление этой деятельности, а навозохранилища необходимо внести в государственный реестр объектов размещения отходов, в противном случае их использование запрещено. Навозохранилища должны проходить государственную экологическую экспертизу, что затягивает сроки подготовки к строительству хранилищ и заводов по переработке.

Поднятая проблема в настоящей статье и послужила толчком к разработке диссертационного исследования по направлению 08.04.01 Строительство, направленность Инвестиционное проектирование и сметное ценообразование в строительстве» и инвестиционно-строительного проекта на тему «Обоснование эффективности проекта строительства завода по переработке отходов птицеводства (на примере ПАО «Птицефабрика «Боровская») для бизнес-инкубатора Фонда «Инвестиционное агентство Тюменской области».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биогаз : основные характеристики и технология получения. – Текст : электронный // Информационно-аналитическое агентство Cleandex : [сайт]. – URL : http://www.cleandex.ru/articles/2015/07/22/biogas_article1 (дата обращения: 09.10.2019).

2. Мамонтов, А. Ю. Биоэнергетические комплексы на защите природного ландшафта и атмосферы в условиях животноводства / А. Ю. Мамонтов, Н. О. Шаршуков. – Текст : непосредственный // АгроЭкоИнфо. – 2015. – № 3. – С. 35-40.

3. Хабибуллин, Р. Э. Исследование процесса анаэробного сбраживания куриного помета и инженерная методика технологического расчета биореактора / Р. Э. Хабибуллин, В. Н. Шарифуллин. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 9. – С. 639-646.

4. Ледин, Н. П. Экологически безопасная технология по переработке животноводческих стоков с использованием биогазовой установки / Н. П. Ледин. – Текст : непосредственный // Чрезвычайные ситуации : про-

мышленная и экологическая безопасность. – 2013. – № 3-4 (15-16). - С. 167-170.

УДК 331.436

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ С ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТЬЮ

Глотов А. В., магистрант, glotov_1994@list.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: В статье поднимается проблема формализма при проведении необходимых инструктажей в организациях. Автор предлагает проект инструктажа перед началом работ, описывает содержание программы инструктажа, а также обозначает ожидаемые результаты.

Ключевые слова: производственная безопасность, инструктаж, травматизм, повышенная опасность.

Работы с повышенной опасностью характеризуются необходимостью осуществления ряда обязательных организационных и технических мероприятий [1], которые обеспечивают безопасность работников при выполнении этих работ. Но даже соблюдение всех обязательных требований не приводит к нулевому показателю травмоопасности и смертности на производстве [2, 3].

Проведение вводных, первичных (на рабочем месте), повторных и внеплановых инструктажей является обязательной и неотъемлемой частью организации производственных процессов [4, 5]. Но в современном мире не каждый работодатель считает этот процесс необходимостью, а больше склоняются к формальности. А ведь именно понимание работником возможных рисков в своих видах работ приводит к снижению количеству несчастных случаев.

Для повышения производственной безопасности в организации был разработан проект инструктажа перед началом работ - это ежедневный открытый диалог на производственной площадке между ответственным за безопасное производство работ и сотрудниками организации, задействованными в производстве работ.

Инструктаж перед началом работ проводится ответственными за безопасное производство работ всем сотрудникам, задействованным в выполнении работ, с использованием «Чек-листа» проведения инструктажа перед началом работ. Документальное оформление проведения инструк-

также перед началом работ фиксируется в специальном разработанном блокноте с «Чек-листами».

Инструктаж перед началом работ необходимо проводить непосредственно на производственной площадке, чтобы все сотрудники могли видеть и оценивать обсуждаемые опасности.

Инструктаж включает в себя следующие пункты:

- обсудить характер предстоящей работы: разъяснить работникам последовательность операций (этапов) предстоящей работы, расстановки работников и их функции, используемом инструменте и оборудовании; обсудить с каждым членом бригады требования наряда-допуска при выполнении работ;

- совместно с работниками обсудить опасности и возможные риски, связанные с планируемой работой и с совмещенными работами; как они могут повлиять на других участников работ и друг друга при выполнении работ; выявить дополнительные опасности и риски, связанные с одновременными работами; выявить скрытые опасности и риски, присущие работам (освещение, погодные условия, усталость, новые работники).

- совместно с работником (группой работников) обсудить меры по снижению имеющихся рисков; определить меры безопасности для каждого выявленного риска и опасности; обсудить и проверить наличие и исправность необходимых средств индивидуальной и коллективной защиты; напомнить о наличии у каждого члена бригады права отказаться от выполнения работ (остановить работу) если соблюдено требование безопасности нет возможности;

- совместно с работниками обсудить возможные аварийные и чрезвычайные ситуации и порядок действия при их возникновении; проверить наличие, исправность средств связи и порядок работы с ними, в том

- проверить готовность всех задействованных на производственной площадке к выполнению работ, убедиться в надлежащем физическом и моральном состоянии работников для начала работы;

- документально оформить процесс проведения инструктажа перед началом работ посредством подписи работников в блокноте.

При внедрении обязательного инструктажа перед началом работ ожидаемым результатом станет:

- развитие у ответственного сотрудника за безопасное производство работы навыка регулярного анализа существующих рисков и их источников, также применения необходимых мер защиты от опасных и вредных факторов, как обязательное условие начала работ;

- развитие у работников дисциплины идентификации рисков, а также применение мер защиты соответствующих характеру выполняемых им работ на производственной площадке;

- снижение уровня травматизма на производственной площадке.

Инструктаж перед началом работ в организации регламентируется Положением, которое устанавливает требования к проведению инструктажей перед началом проведения всех видов работ на производственных объектах (описывает порядок проведения инструктажа и коммуникационные элементы, которые должны быть включены в инструктаж с целью повышения его эффективности).

Разработка положения и обучение ответственных лиц за безопасное проведение работ берет на себя служба охраны труда организации [6]. А также служба охраны труда контролирует проведение инструктажей (камерально, либо с выездом на производственную площадку).

Проведение данного рода инструктажей научит работников понимать опасности и меры контроля, связанных с выполнением работ. Обмен знаниями и активное участие в безопасности проведения работ своих коллег повисит внимание работников, что в свою очередь приведет к снижению несчастных случаев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положение. Работы с повышенной опасностью. Организация проведения : ПОТ Р О-14000-005-98 : утв. Департаментом экономики машиностроения М-ва экономики Рос. Федерации 19.02.1998 : ввод в действие 01.03.1999. – Москва : ТОО «Инженерный Центр обеспечения безопасности в промышленности», 1998. – 120 с. – Текст : непосредственный.

2. Ибрагимов, С. Р. Анализ состояния условий труда оператора подземного ремонта скважин / С. Р. Ибрагимов, Ю. В. Сивков. – Текст : непосредственный // Новая наука : от идеи к результату : Междунар. научное периодическое издание по итогам Междунар. науч.-практ. конф. Ч . 3. – Стерлитамак, 2016. – С. 49-50.

3. Парфенов, В. Г. Оценка социальной и экономической эффективности охраны труда : учеб.-метод. указания / В. Г. Парфенов, Ю. В. Сивков. – Тюмень : ТИУ, 2014. – 28 с. – Текст : непосредственный.

4. Разработка вопросов безопасности в проектах : учеб. пособие / В. Г. Парфенов, Ю. В. Сивков, А. С. Никифоров, С. В. Александров. – Тюмень : ТИУ, 2018. – 78 с. – Текст : непосредственный.

5. Парфенов, В. Г. Государственный контроль и надзор в области охраны труда : учебно-методические указания / В. Г. Парфенов, Ю. В. Сивков. – Тюмень : ТИУ, 2014. – 56 с. – Текст : непосредственный.

6. Парфенов, В. Г. Производственный контроль в сфере безопасности : учебно-методические указания / В. Г. Парфенов, Ю. В. Сивков. – Тюмень : ТИУ, 2016. – 24 с. – Текст : непосредственный.

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ ТУРЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ В ПРЕДЕЛАХ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Гузеева С. А., канд. биол. наук, доцент, guzeevasa@tyuiu.ru

Тимонин Г. В., магистрант, gritimo@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Одна из важнейших проблем настоящего времени вызванная антропогенными факторами в пределах селитебной территории это повсеместное загрязнение водоемов нефтепродуктами, что ведет к ухудшению качества поверхностных вод. Река Тура для города Тюмень является стратегически важным объектом, так как является источником водоснабжения города, в связи с чем оценка водного объекта является актуальной. В следствии этого, целью работы является исследование динамики изменения концентрации нефтепродуктов в системе «вода - донные отложения» реки Туры в пределах селитебной территории. Отбор проб донных отложений и поверхностных вод проводился, когда зеркало воды наиболее устоявшееся. Всего было отобрано по 12 проб воды и донных отложений. Анализ проб на содержание нефтепродуктов проводили флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02-2м». Для оценки качества воды использованы ПДК для водоемов рыбохозяйственного (ПДКр.х.) и ПДК культурно-бытового значения (ПДКк.б.). Исследования выявили повсеместное превышение ПДКр.х. и ПДКк.б. значения на всех точках отбора проб. В связи, с чем необходимо ежегодно проводить экологический мониторинг поверхностных вод и донных отложений реки Туры, а также произвести очистку дна реки, мероприятия по очистке прибрежной защитной полосы и водоохраной зоны водных объектов от мусора.

Ключевые слова: мониторинг, загрязнение, нефтепродукты, река Тура.

Загрязнение гидросферы является одной из важнейших проблем настоящего времени. Повсеместное загрязнение водоемов нефтепродуктами в пределах селитебной территории, вызванных антропогенными факторами, может оказывать негативное влияние не только на здоровье населения, но и привести к уменьшению численности рыбы и водоплавающих птиц, деградации растительного мира водного объекта. Река Тура для города имеет стратегическое значение, потому что является одним из источников водоснабжения населения, что делает оценку поверхностных вод и донных отложений на содержание нефтепродуктов более значимой. В связи с чем, оценка современного состояния водных объектов города Тюмени имеет актуальное значение. [1, 2]

В следствие этого, целью работы является исследование динамики изменения концентрации нефтепродуктов в системе «вода - донные отложения» реки Туры в пределах селитебной территории. Для достижения поставленной цели нами был определен уровень содержания нефтепродуктов и их пространственное распределение в воде.

Отбор проб донных отложений и поверхностных вод проводился в сентябре 2018 и 2019 годов, когда зеркало воды наиболее устоявшееся. Всего были отобраны пробы поверхностных вод и донных отложений в двенадцати точках вдоль течения реки Туры. Исследования проводились в лаборатории «Мониторинга и Охраны окружающей среды», существующей на базе кафедры Техносферной безопасности Тюменского индустриального университета в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 и ГОСТ 31861-2012 "Вода. Общие требования к отбору проб". [3, 4]

Результаты анализов по содержанию нефтепродуктов в поверхностных водах и донных отложениях реки Туры за 2018 и 2019 годы представлены на рис. 1 и 2.

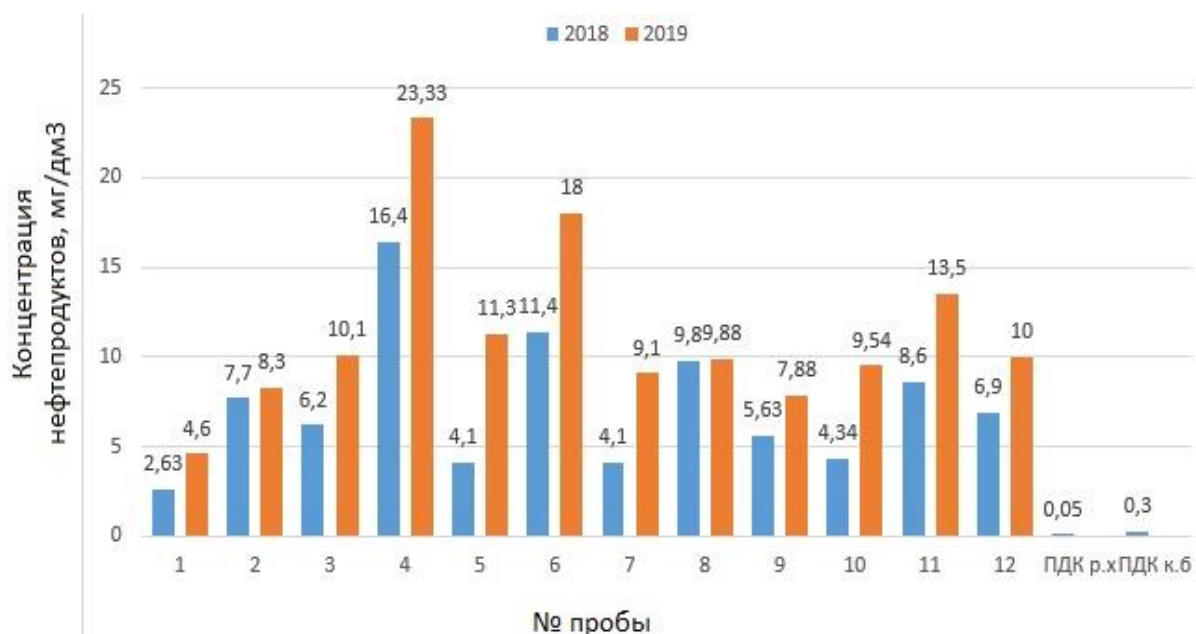


Рис. 1. Содержание нефтепродуктов в поверхностных водах реки Туры за 2018-2019 год

Исследования содержания нефтепродуктов в поверхностных водах реки Тура выявили повсеместное превышение ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования в некоторых точках в 55-70 раз. Результаты варьировали в пределах 2-23 мг/дм³. Подобная зависимость загрязнения наблюдается и в донных отложениях, однако содержание нефтепродуктов в донных отложениях реки Туры превышало их концентрацию в поверхностных водах в несколько раз, что свидетельствует об аккумуляции донными отложениями этого загрязняющего вещества.

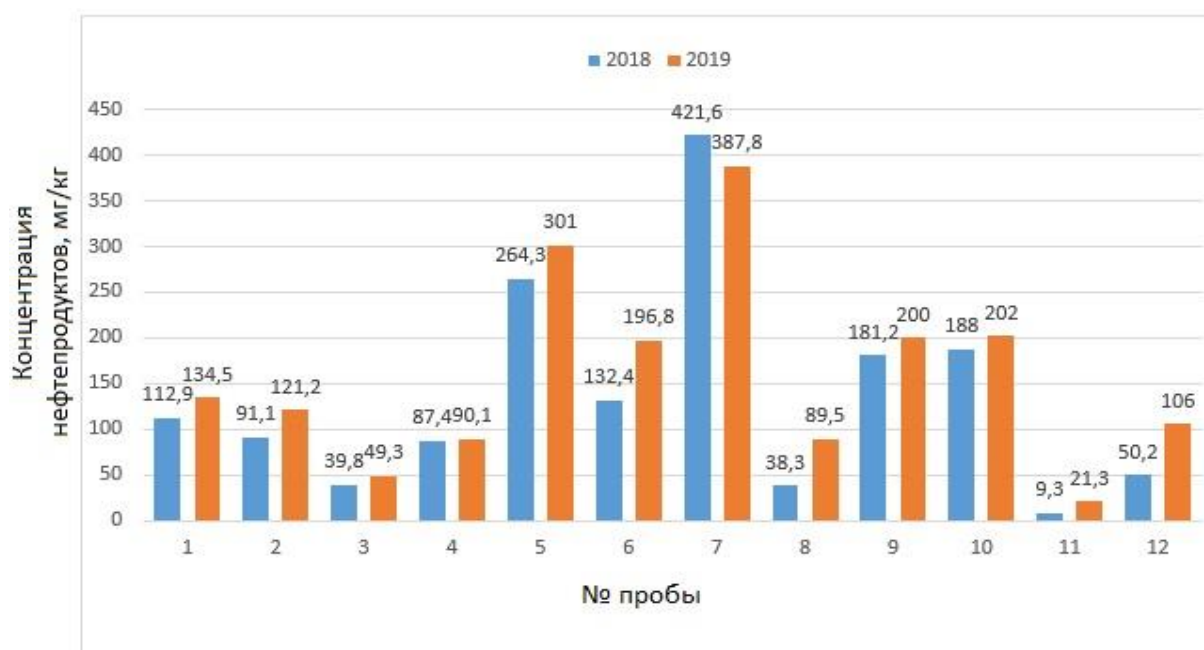


Рис. 2. Содержание нефтепродуктов в донных отложениях реки Туры за 2018 – 2019 год.

Исследования поверхностных вод и донных отложений на содержание нефтепродуктов реки Туры показали устойчивую динамику роста загрязнения нефтепродуктами. Причинами столь обильного загрязнения вод и донных отложений исследуемого водного объекта, по-видимому, являются трансграничные воды реки Туры, которая берет свое начало на Урале и проходит через множество городов, в которых развита металлургическая, горнодобывающая, деревообрабатывающая и пищевая промышленность. А также свой вклад внесли и возможные городские источники загрязнения, такие как судоходство, стройка набережной реки, и реконструкция мостов через реку Туру.

В связи, с чем необходимо ежегодно проводить экологический мониторинг за состоянием поверхностных вод и донных отложений реки Туры в черте города Тюмени. Необходимо так же произвести очистку дна реки, мероприятия по очистке прибрежной защитной полосы и водоохраной зоны водных объектов от мусора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашаян, А. А. Проблемы очистки загрязненных нефтью вод и пути их решения / А. А. Пашаян, А. В. Нестеров. – Текст : непосредственный // Экология и промышленность России. - 2008. - № 5. – С. 32 – 35.
2. Особенности оценки экологического состояния рек в нефтепромысловых районах / В. К. Попков, Д. С. Воробьев, Л. В. Лукьянцева, А. И. Рузанова. – Текст : непосредственный // Экологические, гуманитарные и

спортивные аспекты подводной деятельности : материал Междунар. науч-практ. конф. – Томск, 1999. – С. 106–109.

3. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность (с Изменением N 1) : межгосударственный стандарт : официальное издание : введ. в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 18.03.81 N 1417 : введен впервые : дата введения 1981-07-01. – Текст : непосредственный.

4. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012. N 1513-ст : введ. впервые : дата введ. 2014-01-01 / подготовлен ООО "Протектор" совместно с ЗАО "Центр исследования и контроля воды". – Москва : Стандартиформ, 2019. – Текст : непосредственный.

УДК 504.5-032.32(282.256.166.8)

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ОЗЕРАХ ГОРОДА ТЮМЕНИ

Гузеева С. А., канд. биол. наук, доцент кафедры ТБ, guzeevasa@tyuiu.ru
Данилевская А. А., магистрант, lika122@list.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Главной и глобальной проблемой нашего времени является повсеместное загрязнение водных ресурсов Земли вследствие антропогенных явлений. Особенно это важно для водоемов, которые города используют для забора воды на хозяйственно-питьевые нужды и на обеспечения технологических процессов предприятий. Поэтому оценка состояния внутренних водоемов г. Тюмени имеет актуальное значение. В связи с чем, целью работы является мониторинг концентрации нефтепродуктов в системе «вода - донные отложения» озер города Тюмени. В ходе работы были поставлены следующие задачи: определить уровень содержания нефтепродуктов в поверхностных водах озер Круглое и Песьяное, изучить особенности накопления нефтепродуктов в донных отложениях. Анализ проб на содержание нефтепродуктов в поверхностных водах и донных отложениях проводили флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Для оценки качества воды использованы ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДКр.х.) и ПДК для водоемов культурно- бытового значения (ПДКк.б.). Из полученных данных наблюдаем значительное превышение ПДК не только культурно-бытового, но и рыбохозяйственного значения.

Ключевые слова: загрязнение, нефтепродукты, мониторинг, поверхностные воды, озера, ПДК.

Загрязнение внутренних водоемов городов, является одной из важнейших проблем экологии. Как озера, так и реки выполняют очень важные функции для природной среды и не только. В частности, озера являются источниками городского водоснабжения и промышленных предприятий, озера влияют на климат прилегающих территорий, на влажность воздуха и на тепловой режим приозёрных районов. Также озера регулируют сток реки и являются амортизатором колебания уровня проходящих рек. В связи с загрязнением многих озёр, которые находятся преимущественно в районах добычи природных ископаемых, проблемы изучения водных ресурсов, разработки методики экономической оценки по-прежнему актуальны. Поэтому, целью работы является мониторинг концентрации нефтепродуктов в системе «вода - донные отложения» озёр города Тюмени.

Отбор проб проводился в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность и ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. [3]

Пробы были отобраны в сентябре 2018 и 2019 годов, всего было отобрано по 6 проб поверхностных вод и донных отложений на озерах Песьяное и Круглое. Исследования проводились в лаборатории «Мониторинга и Охраны окружающей среды», существующей на базе кафедры Техносферной безопасности Тюменского индустриального университета.

Результаты анализов по содержанию нефтепродуктов в поверхностных водах и донных отложениях озёр Песьяное и Круглое за 2018 и 2019 годы представлены на рис. 1 и 2 соответственно.

По результатам исследования содержания нефтепродуктов в поверхностных водах, в некоторых точках отбора было выявлено превышение ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования в 11-171 раз. [4] Максимальное превышение наблюдается на озере Круглое в точке №5.

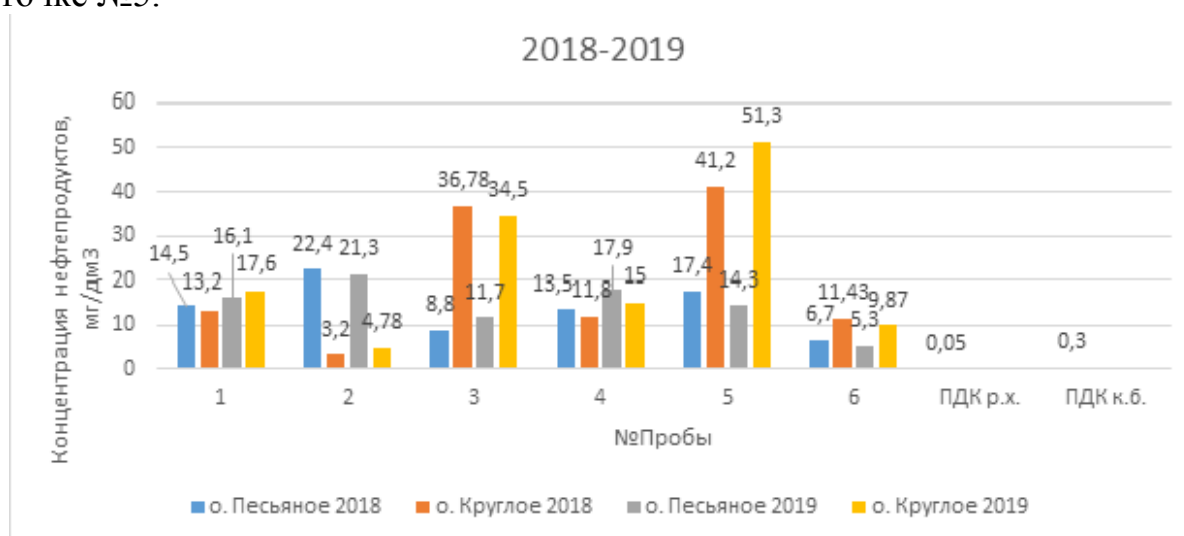


Рис.1. Содержание нефтепродуктов в поверхностных водах озёр Песьяное и Круглое за 2018 и 2019 года.

Подобная зависимость загрязнений наблюдается и при анализе результатов донных отложений озер Песьяное и Круглое. Однако, следует отметить, что превышение концентрации нефтепродуктов в донных отложениях превышает значение концентраций в поверхностных водах исследуемых озер. Это позволяет сделать вывод, об аккумуляции донными отложениями вредных веществ. [1]

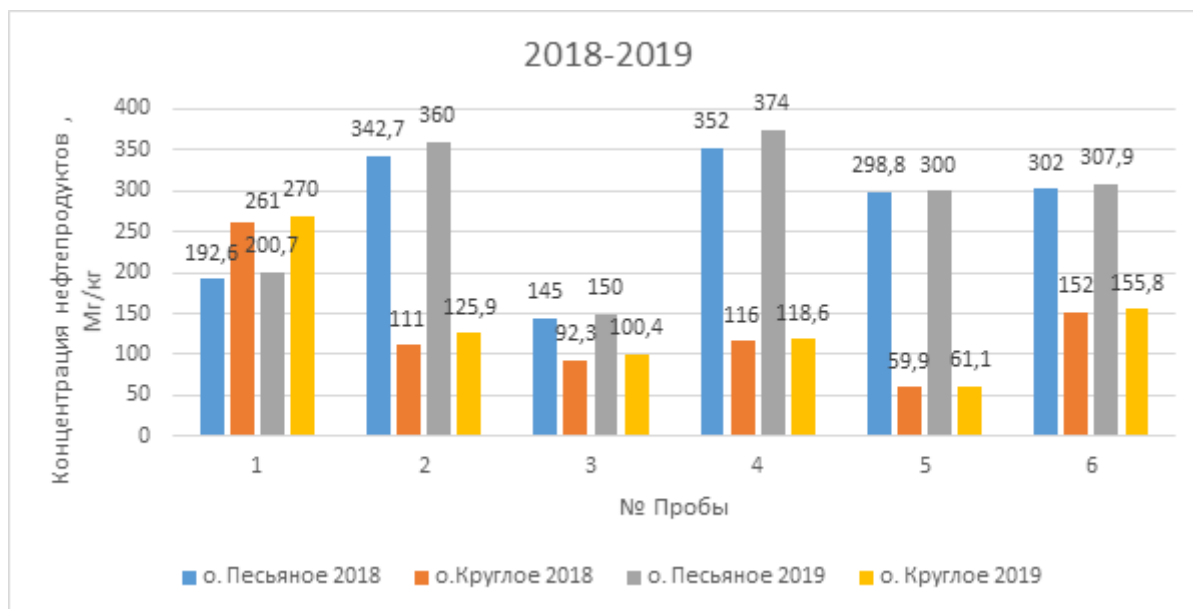


Рис.2. Содержание нефтепродуктов в донных отложениях озер Песьяное и Круглое за 2018-2019 года.

Таким образом, по результатам исследования поверхностных вод и донных отложений на содержание нефтепродуктов в озерах Песьяное и Круглое, следует отметить устойчивую динамику роста загрязнения. Высокие показатели концентраций совсем неудивительны, так как водные объекты города Тюмени подвергаются постоянному воздействию со стороны предприятий и населения.

Основными источниками загрязнения озера Круглое, является Тюменский судостроительный – судоремонтный завод, а также реконструируемый мост на улице Мельникайте.

Основными источниками загрязнения озера Песьяное, является завод строительных материалов, строительство обьездной дороги по улице 2-ая Луговая и берег озера используют, как полигон для вывоза снега.

Необходимо отметить, что озера Песьяное и Круглое входят в систему реки Тура, которая в свою очередь является источником городского водоснабжения.

На основании проведенных исследований, следует проводить постоянный мониторинг поверхностных вод и донных отложений внутренних

водоемов г. Тюмени, провести отчистку и благоустройство прибрежной защитной полосы, необходимо провести чистку дна от мусора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протасов, В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России / В. Ф. Протасов – Москва : Просвещение, 2001 – 58 с. – Текст : непосредственный.

2. Модельная смесь углеводородов для ИК-спектрофотометрии и флуориметрии нефтепродуктов / А. А. Кудрявцев, А. Н. Знаменщиков, С. С. Волкова, Л. П. Паничева. – Текст : непосредственный // Вестник Тюменского государственного университета. - 2011. - № 5. - С. 63-70.

3. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность (с Изменением N 1) : межгосударственный стандарт : официальное издание : введ. в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 18.03.81 N 1417 : введ. впервые : дата введ. 1981-07-01. – Текст : непосредственный.

4. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб : межгосударственный стандарт : утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012. N 1513-ст : введ. впервые : дата введ. 2014-01-01 / подготовлен ООО "Протектор" совместно с ЗАО "Центр исследования и контроля воды". – Москва : Стандартинформ, 2019. – Текст : непосредственный.

УДК 504.05

ЭРА СВИНЦА

Дерюгина О. П., канд. техн. наук, доцент, derjuginaop@tyuiu.ru.

Шабарчин А. А., бакалавр, shabarchin1999@mail.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. По данным Всемирной организации здравоохранения 7 миллионов смертей в год связаны с грязным воздухом. Каждый человек в день вдыхает около 10000 литров воздуха, поэтому даже небольшое количество ядовитых веществ опасны и могут приводить к заболеваниям. В данной работе было показано, как добавка(тетраметилсвинец) в бензин появилась на рынке, было проанализировано ее влияние на окружающую среду и человека, были рассмотрены негативные последствия игнорирования экологической безопасности.

Ключевые слова: тетраметилсвинец, бензин, загрязнение воздуха

В книге экологического историка Джона Макнилла сказано, что Томас Миджли – это человек, который оказал наибольшее влияние на атмосферу, чем любой другой живущий организм в истории Земли. Ученый-химик, живший в начале 20 века и пол жизни проработавший в компании General Motors. Он пытался устранить нестабильность работы автомобильных двигателей. С задачей он справился блестяще, и в 1921 году создал монстра – тетраэтилсвинец. При добавлении его в бензин повышалось октановое число, двигатели начинали работать как часы и отравлять все вокруг.

Нельзя сказать, что Миджли был наивен и не знал о токсичных свойствах свинца. Наоборот, он и его коллеги старались скрыть эту опасность. Поэтому из коммерческого названия тетраэтилсвинца убрали слово «свинец», оставив только «этил». Маркетологи General Motors твердили, что тетраэтилсвинец - это безобидное химическое соединение, которое не обладает ядовитыми свойствами свинца.

Тetraэтилсвинец – это жидкость, которая довольно быстро испаряется на воздухе, дышать ее парами в сотни раз опаснее, чем есть и пить из свинцовой посуды. Неприятности в компании начались сразу же после открытия производства. Почти сразу у рабочих проявлялись симптомы свинцового отравления(сатурнизма). В одном из цехов на плохо вентилируемой установке умерло пять рабочих, а тридцать пять стали инвалидами. General Motors отрицали связь этих смертей с производством. Сам Миджли пытался публично доказать безопасность своего изобретения, и на одной из выставок он дышал над чаном с тетраэтилсвинцом прямо перед репортерами. Общественность это убедило, но вот сам Миджли после такой ингаляции серьезной лечился несколько месяцев.

С этого обмана и началась свинцовая эра. Бензин со свинцом массово использовался во всем мире до восьмидесятых. С 1930 годов в СССР тетраэтилсвинец использовался для моторного топлива. В годы активного использования свинца в США его уровень в волосах и крови городских жителей многократно возрастал. Свинец автомобильного происхождения был обнаружен в снегах Арктики. Почти 70 лет люди дышали опасными выхлопами, ведь во всех городах мира содержание свинца в воздухе в десятки раз превышало все допустимые значения. В России его запретили только в 2002 году, а в КНДР и Афганистане он используется до сих пор.

Как именно свинец влияет на наше здоровье? При низких концентрациях соединений свинца у человека нарушается сон, снижается давление, появляются тревожные мысли, ухудшается память, поведение становится более агрессивным. Чем больше человек вдыхает свинца, тем хуже начинает соображать, тревога может перерасти в настоящую паранойю и страх преследования. Больше всего от свинца страдают дети, у которых мозг только формируется.

В связи с этим есть одна довольно интересная гипотеза. Хроническое отравление свинцом в раннем возрасте нарушает развитие мозга и приводит к агрессивному поведению. Считается, что всплеск преступности в США в 60-х по 90-е годы во многом связан как раз с использованием свинца в бензине. Этим же можно объяснить и снижение преступности с 90-х, когда как раз подросло поколение тех, в чьем детстве не было бензина с этой смертельной добавкой.

Также Миджли запатентовал хлорфторуглероды, которые использовались в холодильниках и дезодорантах. Как в итоге оказалось, это изобретение оказывает разрушительное воздействие на озоновый слой.

Здесь приведен типичный пример того, когда люди, в погоне за выгодой, игнорируют экологическую безопасность. Из-за обмана Миджли опасный металл стал и остается до сих пор неотъемлемым компонентом окружающей среды на территории городов и вблизи них по всему миру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слуковский, З. Свинцовая эра имени Томаса Миджли / З. Слуковский. – Текст : электронный // Естественно-математические науки. – 2018. - № 1. – URL : <https://gazeta-licey.ru/science/72838-svintsovaya-era-imeni-tomasa-midzhli>.

2. Счнейер, Д. По всему Лос-Анджелесу токсичный свинец наносит вред детям в районах, богатых и бедных / Д. Счнейер. – Текст : электронный // Reuters – 2017. - № 1. – URL : <https://www.reuters.com/investigates/special-report/usa-lead-la/>.

УДК 69

ВОСТРЕБОВАННОСТЬ НОВОГО ЖИЛЬЯ С СОБЛЮДЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ГОРОДЕ ТЮМЕНИ

Добрыдина Н. Ю., магистрант, nadezhda_71@bk.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Актуальность данной проблемы состоит в том, что экологическая безопасность является очень важным фактором при выборе жилья. Цель исследования состоит в том, чтобы проанализировать самые востребованные новые микрорайоны в городе Тюмени. Методы исследования: изучить загруженность улиц автомобильным транспортом, сделать расчет концентрации окиси углерода. В ходе расчетов получены следующие результаты: во всех рассматриваемых районах наблюдается превышение концентрации окиси углерода. Сделаны выводы о том, с чем может быть связано превышение выбросов, были предложены мероприятия по снижению уровня выбросов.

Ключевые слова: экология, выбросы автотранспорта, интенсивность движения, окись углерода.

При выборе подходящей для себя квартиры покупатели все чаще обращают внимание не только на такие факторы, как стоимость, район расположения, комфортность жилья, но и на экологическое состояние района.

В настоящее время достоверно установлено, что целый ряд заболеваний может быть обусловлен неблагоприятным воздействием окружающей среды [1]. В «Обзоре загрязнения окружающей природной среды в Российской Федерации» г. Тюмень находится в списке городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха взвешенными веществами, формальдегидом и свинцом [1]. Именно поэтому так важно знать, что было на земле до постройки нового дома, какие заводы и предприятия находятся вблизи нового жилья и влияют на здоровье жителей.

Цель моего исследования состоит в том, чтобы узнать по каким экологическим критериям нужно выбирать жилье и проанализировать самые востребованные новые микрорайоны в городе Тюмени.

Задача работы состоит в том, чтобы изучить выбранные микрорайоны по экологическим параметрам (загруженность улиц автомобильным транспортом, расчет концентрации окиси углерода).

Рассмотрены три жилых комплекса, расположенных в городе Тюмени: «Акварель», «Жуков» и «Новоантипинский».

Мной было проведено сравнение экологического фона выбранных районов на основе подсчета количества проезжающих автомобилей за выбранный отрезок времени (за час).

Таблица 1.

Время	Транспорт	Акварель	Жуков	Новоантипинский
Утро 8:00- 9:00	Легковой транспорт	1264	426	1156
	Автобусы	6	20	16
	Грузовой транспорт	74	18	246
	Легкий грузовой	102	34	72
Итого		1446	498	1490
Вечер 17:30- 18:30	Легковой транспорт	1516	620	928
	Автобусы	12	22	22
	Грузовой транспорт	54	16	96
	Легкий грузовой	64	28	52
Итого		1646	686	1098

Определим концентрацию окиси углерода (K_{CO}) по формуле:

$$K_{CO} = (0.5 + 0.01 \cdot N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_y \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi}$$

где 0,5 – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³; N – суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автом./час; K_T – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода; K_A – коэффициент, учитывающий аэрацию местности; K_y – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона; K_C – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра; K_B – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха; K_Π – коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Подставив значения, оценим уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода:

1) Жилой комплекс «Акварель», утреннее время:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 1446 \cdot 0,413) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,035 \cdot 1,27 \cdot 2 = 17,014 \text{ мг/м}^3;$$

2) Жилой комплекс «Акварель», вечернее время:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 1646 \cdot 0,306) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,035 \cdot 1,27 \cdot 2 = 14,556 \text{ мг/м}^3;$$

3) Жилой комплекс «Жуков», утреннее время:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 498 \cdot 0,496) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,045 \cdot 1,27 \cdot 1,8 = 7,095 \text{ мг/м}^3;$$

4) Жилой комплекс «Жуков», вечернее время:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 686 \cdot 0,37) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,045 \cdot 1,27 \cdot 1,8 = 7,258 \text{ мг/м}^3;$$

5) Жилой комплекс «Новоантипинский», утреннее время:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 1490 \cdot 0,707) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,24 \cdot 1,8 = 24,629 \text{ мг/м}^3;$$

6) Жилой комплекс «Новоантипинский», вечернее время:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 1098 \cdot 0,521) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,065 \cdot 1,315 \cdot 1,8 = 15,681 \text{ мг/м}^3;$$

ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равно 5 мг/м³ [2].

Во всех рассматриваемых районах наблюдается превышение концентрации окиси углерода. Максимальное значение наблюдается в «Новоантипинском» микрорайоне.

Подводя итоги, отметим, что максимальное значение по интенсивности движения наблюдается в таких микрорайонах, как «Акварель» и «Новоантипинский». Это может быть связано с расположением вблизи этих районов объездных дорог.

Снижение уровня выбросов возможно следующими мероприятиями:

1. Запрещение движения автомобилей.
2. Ограничение интенсивности движения до 300 авт/час.
3. Замена карбюраторных грузовых автомобилей дизельными.
4. Установка фильтров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова, Е. В. Экологически детерминированные факторы риска развития обменных заболеваний органов мочевой системы у детей города Тюмени / Е. В. Попова, С. М. Удзиева. – Текст : электронный // II Всероссийская неделя медицинской науки с международным участием. – URL : <https://medconfer.com/node/2355> (дата обращения: 04.09.2019).

2. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта на участке магистральной улицы : [сайт]. – URL : <https://studopedia.org/6-49745.html> (дата обращения: 12.05.2019). – Текст : электронный.

УДК 544.723

СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ КОБАЛЬТА В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫМИ ГЛИНАМИ

Загорская А. А., ст. преподаватель кафедры ТБ, zagorskajaaa@tyuiu.ru
Пимнева Л. А., д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой Общей и специальной химии, СТРОИН, l.pimneva@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Статья посвящена проблеме загрязнения водоемов и водотоков Тюменской области ионами тяжелых металлов. Темой исследования выступает адсорбционный метод извлечения ионов кобальта природными глинами с содержанием монтмориллонита. Рассмотрены условия применения монтмориллонитовых глин, определены параметры адсорбции в статических условиях.

Ключевые слова: природная глина, монтмориллонит, ионы кобальта, адсорбция

Источником поступления кобальта в окружающую среду являются естественные и антропогенные процессы [1]. Основная масса кобальта в водные объекты попадает со сточными водами промышленных предприятий и с поверхностными водами сельскохозяйственных угодий. Кобальт обладает низкой персистентностью и высокой биоаккумуляцией, поэтому снижение его концентраций в природных и сточных водах является актуальной проблемой для Тюменского региона.

Использование природных глин, как наиболее экологичных и безопасных материалов, для извлечения ионов тяжелых металлов из водной среды получило последнее время широкой распространение в России и за рубежом [2,3].

В качестве объекта исследования были выбраны монтмориллонитовые глины широко представленные на юге Тюменской области. Основная

характеристика, влияющая на адсорбционную емкость материала - размер частиц. Природные монтмориллонитовые глины характеризуются развитой поверхностью и размерами частиц в пределах от 2 до 20 мкм. На рисунке 1 представлены результаты электронного сканирования образца сорбента. Химический состав природного сорбента представлен в таблице 1.

Таблица 1

Содержание оксидов в монтмориллонитовой глине

Содержание	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	Co
До сорбции									
М, % масс.	53,62	20,73	0,41	3,88	1,53	15,28	1,71	1,63	-
После сорбции									
М, % масс.	52,35	20,70	0,34	3,57	0,50	13,13	1,71	1,66	1,10

Перед использованием глины были подвергнуты термической обработке. Потери при прокаливании природной монтмориллонитовой глины составляют 1,21%.

Для наиболее полного определения адсорбционной емкости природной глины и ее аффинности по отношению к ионам кобальта процесс адсорбции был исследован при температурах 293, 318 и 333 К.

Для проведения экспериментов были выбраны статические условия адсорбции. Величину адсорбированных ионов кобальта определяли по выражению:

$$\Gamma = \frac{C_0 - C_p}{g} \cdot V, \text{ мг/г}, \quad (1)$$

где C_0 – концентрация элемента в исходном растворе, мг/мл; C_p – равновесная (остаточная) концентрация извлекаемого иона в растворе, мг/мл; V – объем раствора, мл; g – масса сорбента, г.

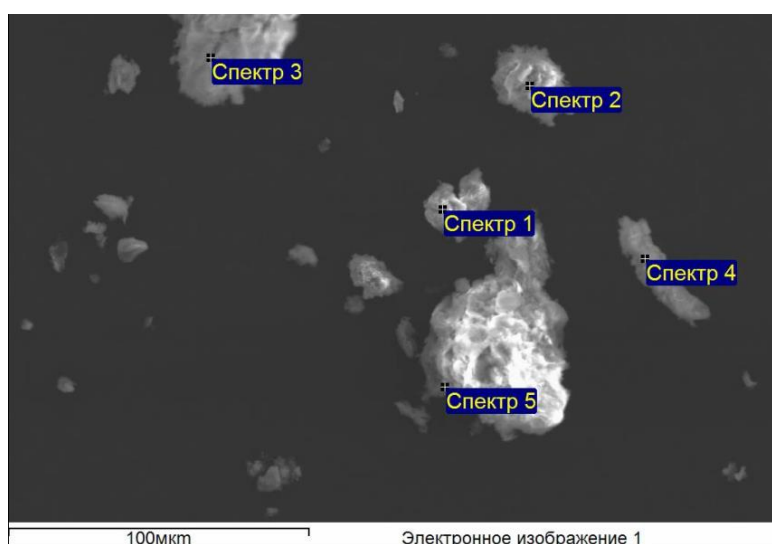


Рис. 1. СЭМ-микротография монтмориллонитовой глины с адсорбированными ионами кобальта

Результаты эксперимента верифицировали с применением критерия Стьюдента при заданной доверительной вероятности (0,95) и число параллельных определений 3.

На базе результатов эксперимента были построены изотермы адсорбции (рисунок 2) при заданных температурах (293, 318 и 333 К). Изотермы сорбции ионов кобальта согласно классификации БЭТ соответствуют I типу, который характерен для мономолекулярной адсорбции [4]. Это позволило рассчитать адсорбционные параметры с использованием уравнения Ленгмюра в линейной форме:

$$\frac{C_0}{C_p} = \frac{1}{\Gamma_\infty \cdot K} + \frac{C_p}{\Gamma_\infty} \quad (2)$$

где Γ_∞ - предельная емкость сорбента, мг/г; C_p - количество адсорбированных ионов, мг/г; K – константа сорбционного взаимодействия, характеризующая интенсивность адсорбции, мл/мг.

Значения адсорбционной емкости для различных температур приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры адсорбции ионов кобальта на природной глине с содержанием монтмориллонита

Параметр адсорбции	298 К	318 К	333 К
Γ_∞ , мг/г	0,25	0,46	0,67
K , мл/мг	87,3	103,3	134,8

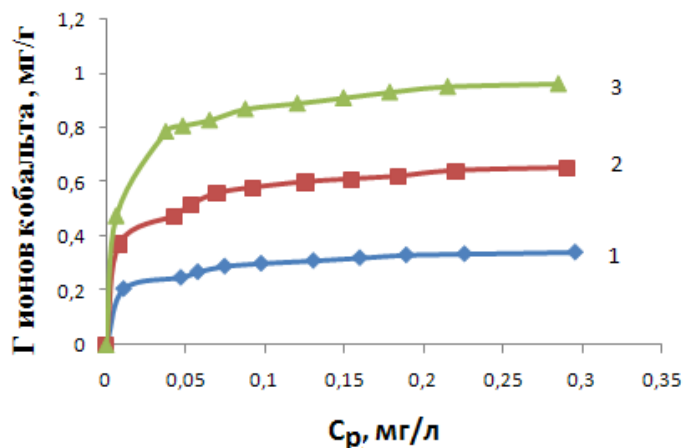


Рис. 2. Изотермы адсорбции ионов кобальта на природной глине при температурах, °С: 25 (1), 45 (2) и 60 (3)

По результатам работы можно сделать вывод, что с увеличением температуры величина адсорбционной емкости увеличивается для ионов кобальта с 0,25 (25 °С) до 0,67 (60 °С) мг/г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивчатов, А. Л. Химия воды и микробиология : учебник / А. Л. Ивчатов, В. И. Малов. - Москва : ИНФРА-М, 2018. – 218 с. - Текст : непосредственный.

2. Pimneva, L. The Study of Adsorption Ability of natural Materials of the Tyumen Region / L. Pimneva, A. Zagorskaya. - Direct text // Journal of Ecological Engineering. - 2018. - № 3. - P. 225-228.

3. Ганиев, Б. Ш. Структурно-сорбционные характеристики глинистых сорбентов, полученных комбинированной активацией / Б. Ш. Ганиев. – Текст : электронный // Наука. Мысль. – 2017. - № 2. – URL : <https://stepj.ru/index.php/steps/issue/view/24/2-2017> (дата обращения: 10.11.2019).

4. Смирнов, А. Д. Сорбционная очистка воды / А. Д. Смирнов. – Ленинград : Химия, 1982. – 168 с. – Текст : непосредственный.

МЕТОДЫ ЛИКВИДАЦИИ НЕФТЯНЫХ УТЕЧЕК НА АКВАТОРИЯХ

Иляшенко Л. К., канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрой естественно-научных и гуманитарных дисциплин, iljashenkolk@tyuiu.ru
Ботанин В. С., бакалавр, botaninvs@gmail.com
г. Сургут, филиал Тюменского индустриального университета

Аннотация. На сегодняшний день ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов является серьезной экологической проблемой. В статье рассмотрен современный арсенал методов, которые применяют соответствующие службы по борьбе с нефтяными утечками, такие как механический, химический и биологический. Детально представлен малоизвестный метод ликвидации нефтяных утечек – листовая опад. Описаны плюсы и минусы каждого метода, а также степень их применения.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, утечка, экология, вода, очистка, ликвидация.

Разлив нефти в водоём – это одна из самых опасных в современном мире техногенных катастроф, которая зачастую влечёт за собой непоправимые последствия для экологии и людей, нарушая многие естественные процессы и условия обитания и проживания всех живых организмов. Вода, в свою очередь, становится полностью непригодна для любой эксплуатации.

По данным “Greenpeace” на 2019 год, в России при добыче, транспортировке и переработке углеводородов ежегодно происходит около 10000 аварийных случаев, в которых разливается порядка 30 миллионов баррелей нефти, как в водную среду, так и на сушу. В связи с этим, нефтяные утечки являются особо актуальной проблемой, которая требует экстренных и эффективных решений.

Существует множество действенных методов очистки водоёмов от нефти, актуальность применения которых определяется степенью загрязнения. Рассмотрим наиболее распространённые методы: механический, химический и биологический.

Механический метод основан на физических свойствах нефти. Плотность воды приблизительно составляет $0,997 \text{ г/см}^3$, тогда как плотность нефти находится в диапазоне $0,73 - 1,04 \text{ г/см}^3$, что способствует смешиванию данных жидкостей и образованию масляного пятна на поверхности водоёма. Здесь стоит отметить, что нефть – это сложная смесь углеводородов, которая в том числе содержит в себе различные химические примеси способные растворяться в воде, тем самым вызывая существенные затруднения для полного устранения загрязнения.

Механическая очистка состоит из двух этапов, первый из которых заключается в локализации нефтяного пятна и сборе основной массы разлитой нефти с поверхности воды с последующей утилизацией путём сжигания. Вторым этапом является отстаивание воды в специальных нефтяных сепараторах и нефтеловушках, а также фильтрация, с применением специальных материалов с пористой структурой, таких как активированный уголь, кварц или песок.

Из плюсов данного метода стоит отметить его простоту, быстроту и небольшие денежные затраты относительно других методов. Главным и существенным недостатком механической очистки является низкая степень ликвидации загрязнения, которая составляет примерно 70%.

Метод актуален для устранения нефтепродукта в первые часы разлива и хорошо подходит для быстрого реагирования в случае аварийной ситуации, позволяя существенно снизить последующее риски негативного влияния на окружающую среду.

Химический метод основан на таком химическом явлении как адсорбция, позволяющим практически полностью устранить данные примеси.

Явление адсорбции возникает вследствие погружения в загрязнённую воду специальных химических реагентов, а именно твёрдых веществ - адсорбентов, молекулы которых, вступая в реакцию с нефтепродуктом, позволяют поглотить нефтяные примеси, в результате чего образуется нерастворимый в воде осадок, в последствии удаляемый фильтрацией. Наиболее распространёнными для очистки адсорбентом является оксид алюминия (Al_2O_3), ввиду своих высоких адсорбционных способностей.

Этот метод включает в себя второй способ, основанный на применении эмульгаторов нефтяных эмульсий и поверхностно-активных веществ (ПАВ0 – химических соединений, которые, концентрируясь на поверхности раздела фаз, вызывают снижение поверхностного натяжения, провоцируя выделение масляного пятна, для последующей механической очистки.

Метод имеет существенное преимущество в виде степени ликвидации загрязнения достигающей до 98%. Основными минусами является вторичное загрязнение водоёма нерастворимым осадком, полученным в результате явления адсорбции, и применение данного метода для относительно небольшой площади загрязнения.

Биологический метод, по экспертным оценкам, считается наиболее эффективным, передовым методом ликвидации нефтяных утечек.

Метод основан на добавлении в загрязнённую воду специальных микроорганизмов, использующих нефтепродукты как основной источник питания. В настоящее время известно множество микроорганизмов способных поглотить и переработать сложные углеводороды, среди них различные бактерии, грибы и дрожжи, последние из которых наиболее широко применяются на практике, ввиду своей продуктивности.

В ходе эксплуатации данного метода происходит реакция окисления нефтепродукта, в ходе которой углеводород распадается на белки, вещества, поддающиеся процессу разложения и в последствии образующие донный ил, и на не токсичные продукты, которые не требуют дальнейшей утилизации и фильтрации водной среды, тем самым полностью устраняя опасность для экологии.

Из плюсов биологической очистки выделяется степень ликвидации нефти из воды, достигающая до 99%, а также применение данного метода для любой площади загрязнения. Минусами является высокая стоимость, которая возрастает пропорционально степени загрязнения и площади водоёма, а также длительный процесс очистки, составляющий около 1 месяца.

Метод листового опада имеет абсолютную научную новизну относительно других методов и ещё не имеет широкого применения. На практике, способ является разновидностью химической очистки, и берет за свою основу явление адсорбции, используя в качестве сорбционного материала растительные вещества, поиск которых ставит актуальную на сегодняшний день научную задачу, получающую активное развитие. Одним из таких материалов являются экологические отходы, а именно лиственный опад, собирающийся ежегодно в парках, скверах и зелёных зонах в больших количествах, для последующей утилизации. Листья деревьев имеют высокие сорбционные свойства, что объясняется их пористой структурой.

В исходном виде любое вещество растительного происхождения имеет среднюю поглотительную способность по отношению к нефти, ввиду таких факторов как повышенная влажность, неразвитая площадь поверхности, гидрофильность и т.д. Для увеличения сорбционной ёмкости применяются различные меры по обработке сырья, основными из которых являются термическая и химическая обработки, а также изменение геометрических характеристик материала и электромагнитное воздействие. Ряд этих мероприятий помогает образовать пустоты внутри материала и увеличить поровое пространство, что и способствует повышению сорбционных способностей и понижению количества затрачиваемого вещества для последующей очистки.

Так как данный метод пока мало применим, нельзя точно определить его плюсы и минусы, но стоит отметить, что по результатам лабораторных исследований, степень очистки воды от загрязнителя составила 99,8%, что является лучшим показателем среди рассмотренных методов. Так же, выделяются полное отсутствие вторичного загрязнения акватория и существенно низкие затраты. Из минусов, выделяются лишь возможные затруднения при обработке сырья в промышленных масштабах.

Подводя итоги, стоит отметить, что каждый из представленных методов не может быть заменён другим по причинам абсолютно разных степеней очистки возможных площадей загрязнения. Стоит отметить, что для

повышения эффективности очистки акваторий следует применять комплекс методов ликвидации аварийных разливов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов, В. А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : учебное пособие / В. А. Акимов, Ю. Л. Воробьев, М. И. Фалеев. – Москва : Высшая школа, 2012. – 418 с. – Текст : непосредственный.

2. Алексеева, А. А. Применение листового опада в качестве основы сорбционного материала при ликвидации аварийных разливов нефти с поверхности воды : 03.02.08 : дис. ... канд. техн. наук / А. А. Алексеева. – Казань : КНИТУ, 2017. – 159 с. – Текст : непосредственный.

3. Вадецкий, Ю. В. Нефтегазовая энциклопедия / Ю. В. Вадецкий, В. А. Волкова. – Москва : Московское отделение нефти и газа «Международной Академии информатизации», 2003. – 420 с. – Текст : непосредственный.

4. Гуславский, А. И. Перспективные технологии очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов / А. И. Гуславский, З. А. Канарская. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 20. – С. 191-199.

5. Серебренникова, М. К. Биологические способы очистки нефтезагрязненных сточных вод (обзор) / М. К. Серебренникова, М. С. Тудвасева, М. С. Куюкина. – Текст : непосредственный // Вестник Пермского университета. Серия биология. – 2015. – № 1. – С. 15-30.

УДК [658.345+364.3] (082)

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ЦЕХА РЕМОНТА НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ И НАСОСНЫХ ШТАНГ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Казанцева Л. А., канд. геол.-мин. наук, kazantsevala@tyuiu.ru

Левченко Д. Н., слушатель, kazantsevala@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Проблема возникновения на предприятии профессиональных заболеваний, травматизма и нежелательных последствий при работе с вредными и опасными факторами определяет актуальность рассматриваемой темы.

Ключевые слова: специальная оценка условий труда, охрана труда.

Цеха по ремонту насосно-компрессорных труб и насосных штанг предназначены для ремонта насосно-компрессорных труб (НКТ) нефтедобывающих предприятий. На одном из таких предприятий в цехе РНКТ и НШ были проведена специальная оценка условий труда работников.

Для проведения специальной оценки условий труда рабочих мест была привлечена аккредитованная испытательная лаборатория, имеющая лицензию на право проведения данного вида работы [1].

По результатам специальной оценки условий труда:

- составлен определенный пакет документов;
- информация о результатах оценки рабочих мест была доведена до сведения работников в установленные сроки под роспись;
- выявлено с классом условий труда 2 - одно рабочее место, с классом 3.1 – 3 рабочих места, с классом 3.2 – 27 рабочих мест, с классом 3.3, 3.4 рабочие места отсутствуют (Рис. 1).

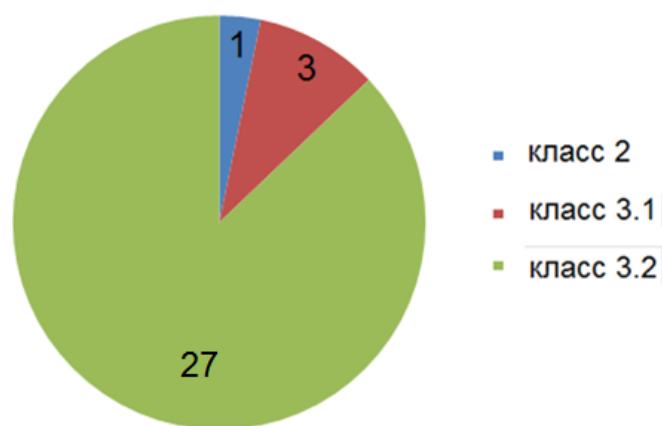


Рис. 1 Выявленные классы условий труда рабочих мест цеха РНКТ и НШ

Оценке подлежали три рабочих места: машиниста компрессорной установки, опрессовщика труб, слесаря.

Машинист занимается обслуживанием компрессорной установки, класс условия труда определен как вредный 3.2.

Опрессовщик труб проводит опрессовку НКТ давлением до 30 МПа включительно (300 кгс/см^2), класс условия труда определен как вредный 3.2.

Слесарь осуществляют техническое обслуживание оборудования. класс условия труда определен как вредный 3.2.

По результатам специальной оценки условия труда данных рабочих мест классифицируются как вредные класса 3.2 .

На основе проведенной оценки условий труда работников цеха определено, что производственный шум, недостаток освещения являются основными вредными факторами (Рис. 2).



Рис.2 Основные вредные факторы условий труда работников цеха РНКТ и НШ

Для решения проблемы недостаточного освещения был произведен расчет освещения в цехе, который проводился методом коэффициента использования светового потока для помещения: длиной 60 м, шириной 30 м, высотой – 9 м. Для улучшения освещения было предложено установить дополнительные алюминиевые светильники типа РСП05-250-032 IP54 в количестве 17 штук. В производственных помещениях высотой до 7 - 12 м целесообразно применять лампы типа ДРЛ, т.к. они более мощные и имеют большую светоодачу до 90 лм/Вт [2].

Для снижения вредного воздействия шума, был предложен и установлен звукоизолирующий кожух на компрессор, согласно ГОСТА. Выбранный звукоизолирующий кожух состоит из: наружной обшивки, внутреннего звукопоглощающего покрытия. Размеры кожуха выбраны исходя из условий, что ни одна из частей компрессора не соприкасается со стенками кожуха. Так как компрессор работает на масле, для защиты внутреннего покрытия кожуха использована полимерная пленка. В качестве защитной системы звукопоглощающего покрытия от механических повреждений использована акустическая облицовка из перфорированной стали. Для доступа персонала и обслуживания компрессора использована сдвижная дверь с резиновыми уплотнителями. Для охлаждения предусмотрена принудительная вентиляция. В качестве звукопоглощающего материала использованы базальтовые прошивные маты которые обладают высоким коэффициентом звукопоглощения, негорючи, недороги, качественные.

После установки звукопоглощающего кожуха были проведены повторные замеры уровней звукового давления. Уровень звукового давления снизился на 8 дБ, что доказывает эффективность установленного кожуха.

На нефтегазодобывающих предприятиях систематически проводится производственный контроль и мероприятия по улучшению условий труда. Но не все проблемы решены на сегодняшний день. Поэтому предлагаются мероприятия по улучшению условий труда работников в цехах, которые при необходимости нужно внедрять на нефтедобывающих предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. О специальной оценке условий труда : Федеральный закон от 28 декабря 2013 года № 426-ФЗ [ред. от 01.05.2016 года]. - Текст : электронный. // «Консультант Плюс» – Законодательство РФ : [сайт]. – URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения : 09.09.2019).
2. Цибина, А. Н. Специальная оценка условий труда / А. Н. Цибина. - Текст : непосредственный // Охрана труда и социальное страхование. - 2011. - № 8. - С. 4-7.

УДК 625. 768

СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ В СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Качалова Г. С., канд. хим. наук, доцент, galinakachalova@mail.ru

Плохов А. А., аспирант, plokhov_a_a@mail.ru

Акимова Д., бакалавр, akimova.darya00@mail.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Из-за большого выпадения осадков в виде снега его утилизация осуществляется не только посредством вывоза на полигоны, но и с помощью снегоплавильных установок. Существуют специальные технические устройства фильтрации, которые рассматриваются в статье. Проведенный обзор устройств фильтрации позволяет сформулировать цель дальнейшего исследования в области очистки талых вод непосредственно в снегоплавильных установках.

Ключевые слова: экологическая безопасность, фильтрация талых вод, утилизация снега.

Опираясь на статистику, гидрометцентра России за зимний период в Тюмени выпадает 200 мм осадков, а площадь убираемой городской территории 12 684 000 м² [1]. В настоящий момент утилизация снега в большей степени осуществляется путем его вывоза на снежные полигоны за пределы городской черты. Однако при таком способе утилизации возникает ряд проблем, связанных как с экологией, так и с дорожно-транспортной обстановкой города. Экологическая проблема объясняется тем, что снег по своей сути является пористым веществом и накапливает в себе большой спектр веществ и при таянии снега в местах его складирования в грунтовые воды попадают различные вредные вещества [2]. По этой причине и по ряду других причин стали применяться снегоплавильные установки (СПУ), которые предполагают, специальные средства фильтрации и очистки талых вод [3,4,5].

В первую очередь снежная масса при попадании в приёмный бункер проходит фильтр грубой очистки, который представляет собой крупноячеистую сетку (рис. 1, а), задерживающую попадание твердых бытовых отходов (ТБО). Однако на мобильных и перевозимых СПУ, твердые бытовые отходы зачастую убираются уже после расплавления, непосредственно из камеры плавления – вручную, что, несомненно, негативно влияет на производительность (рис. 1, б).

Далее в СПУ располагаются накопительные емкости – песколовки (рис. 2). Они предназначены для накапливания твердых частиц, таких как песок или мелкие камни. Но такие устройства, опять же, установлены не повсеместно.

После двух этапов очистки талая вода сливается в ливневую канализацию и следует на очистные сооружения водоотведения.

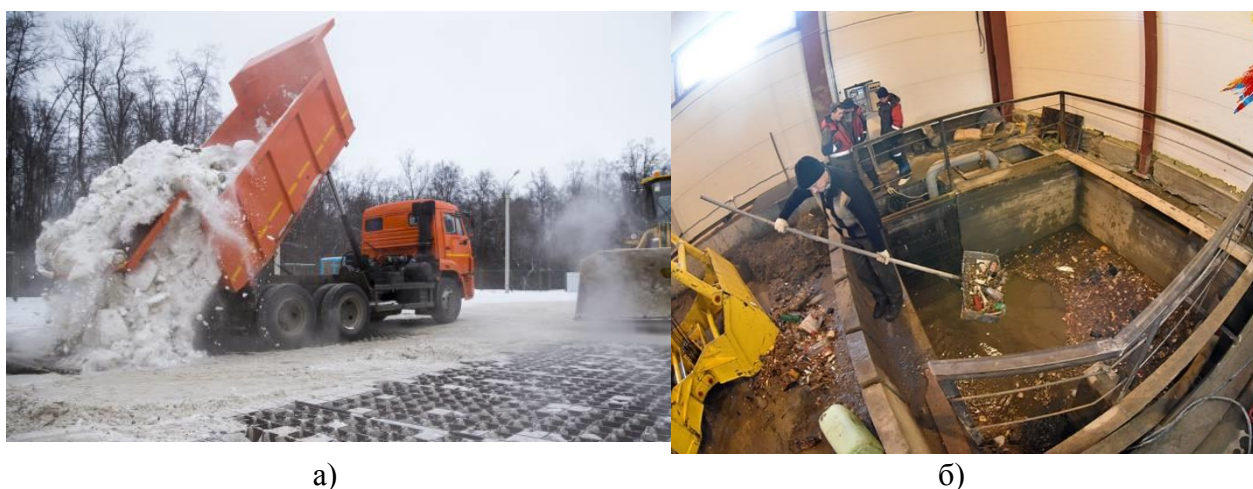


Рис. 1. Очистка от ТБО: а - фильтр грубой очистки; б – камеры плавления

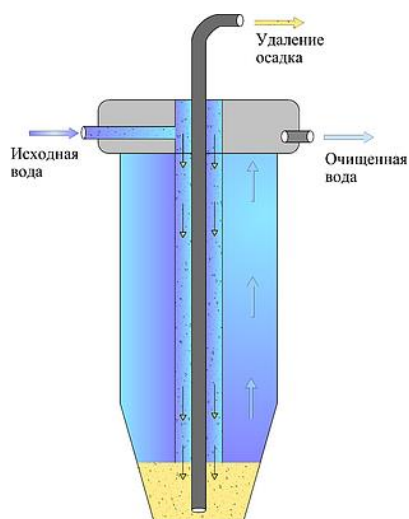


Рис. 2. Принцип действия песколовки.

В итоге очистка талых вод и снежной массы в СПУ содержит всего 2 этапа фильтрации, а зачастую, например, в некоторых мобильных и пере-

движных СПУ, они и вовсе отсутствуют. Это свидетельствует о том, что существует необходимость в создании фильтрационного устройства, которое имело бы малые габаритные размеры, было легкой в эксплуатации и обслуживании, но позволяло бы талым водам соответствовать санитарным нормам и правилам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометцентр России : [сайт]. – URL : <https://meteoinfo.ru> (дата обращения: 09.10.2019). – Текст : электронный.

2. Качалова, Г. С. Экологическое исследование воды рек тюменской области / Г. С. Качалова, А. П. Ткаченко. – Текст : непосредственный // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке : сборник докладов XIX Междунар. науч.-практ. конф. - Тюмень, 2017. - С. 74-78.

3. Снеготаялка как способ перспективного энергосбережения / В. А. Костырченко, Т. М. Мадьяров, А. В. Шаруха, М. Ю. Спиричев. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы науч.-практ. конф. – Тюмень, 2013. – С. 139-143.

4. Серебренников, А. А. Рекомендации по созданию стационарной установки таяния снега / А. А. Серебренников, А. А. Плохов, В. И. Панов. – Текст : непосредственный // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень, 2016. - Т. 2. - С. 113-117.

5. Разработка конструкции для утилизации городской снежной массы / В. О. Довбыщ, А. В. Шаруха, В. П. Шитый, А. А. Атжанов. – Текст : непосредственный // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Тюмень, 2015. - С. 202-205.

ВЛИЯНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ЭКРАНИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Кирий И. С., аспирант, ivankiriy@yandex.ru

Литвинова Н. А., канд. техн. наук, доцент, litvinova2010-
litvinova2010@yandex.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Одним из источников электромагнитного излучения в окружающей среде являются линии электропередачи. Целью данного исследования является повышение электромагнитной безопасности жилой застройки, в результате применения в строительстве жилых объектов, находящихся близ границ охранных зон ЛЭП, материалов, обладающих наибольшей экранирующей способностью. На примере «Профнастила» различных марок, используемого в качестве экранирующего материала, получены показатели, отражающие эффективность электромагнитного экранирования. По итогам проведенного исследования, следует вывод о том, что в экранировании электрического поля играет роль не только выбор сырья, из которого изготовлен материал, но и его форм- фактор, так «Профнастил МП-20», обладающий наименьшими расстояниями между гофрами показал лучшие показатели экранирования относительно «профнастила» марки «С8-1150».

Ключевые слова: электромагнитное поле, напряженность, экранирование, материал, форм- фактор.

Действие техногенных электромагнитных полей (далее ЭМП) на организм человека не проходит бесследно. Современная медицина приводит доказательства негативных последствий, вызванных длительными воздействиями ЭМП [1]. Одним из источников электромагнитного излучения в окружающей среде являются линии электропередачи (далее ЛЭП), пренебрегая данным фактом, наблюдаются случаи возведения зданий в новых микрорайонах, коттеджных поселках в непосредственной близости от границ охранных зон ЛЭП [2].

Целью данного исследования является повышение электромагнитной безопасности жилой застройки, в результате применения в строительстве объектов, находящихся близ границ охранных зон ЛЭП, материалов, обладающих наибольшей экранирующей способностью.

Исследование заключалось в построении эмпирических зависимостей напряженности электрического поля на различных расстояниях от ЛЭП напряжением 500 кВ с учетом применения «профнастила» марки «МП-20» и «С8-1150», а также определении влияния форм-фактора используемого материала на показатели электромагнитного экранирования.

«Профнастил МП-20»- изготовлен из тонколистовой холоднокатаной стали с горячецинковым покрытием, толщина листа- 0,5 мм, высота трапеции- 18 мм, расстояние между гофрами- 35 мм.

«Профнастил С8-1150»- изготовлен методом холодного проката из тонколистовой стали, толщина листа- 0,5 мм, высота трапеции- 8 мм, расстояние между гофрами- 52,5 мм.

Измерения напряженности электрического поля осуществлялись прибором ПЗ – 50 в 3-х осях (X,Y,Z), в каждой точке выполнено не менее 20 измерений.

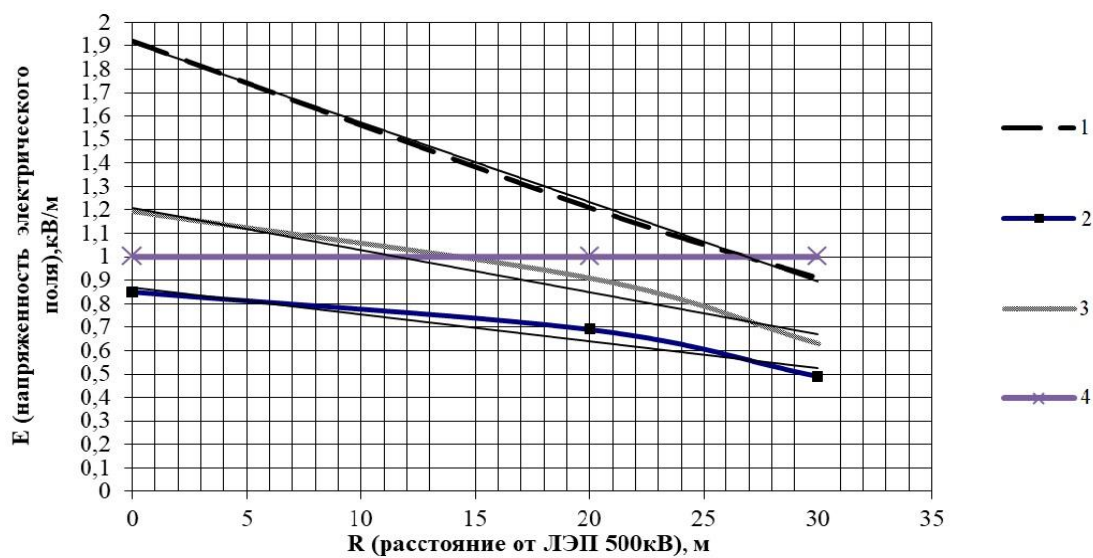


Рис. 1. Зависимости напряженности электрического поля от расстояния и высоты от поверхности земли с применением в качестве экранирующего материала «Профнастила МП-20»: 1, 2, 3 – значения модулей вектора напряженности электрического поля на высоте 1,5; 1,8; 3 м. от поверхности земли, 4- предельно допустимый уровень электрического поля

По результатам использования в качестве экранирующего материала- «профнастила МП-20» отмечено существенное снижение напряженности электрического поля. На расстоянии 30 метров, а также высоты от поверхности земли равной 3 метрам, напряженность электрического поля составляет 0,93 кВ/м, что является ниже более чем в 3 раза аналогичных замеров, сделанных без использования данного материала.

При использовании в качестве экранирующего материала «Профнастила С8-1150» напряженность электрического поля составляет 1,12 кВ/м, что отражает незначительное превышение предельно допустимого уровня напряженности электрического поля.

По результатам проведенного исследования следует отметить разные значения напряженности электрического поля при использовании материалов, участвующих в исследовании, несмотря на то, что данные марки

«Профнастила» схожи по способу изготовления, плюс сами материалы идентичны по составу.

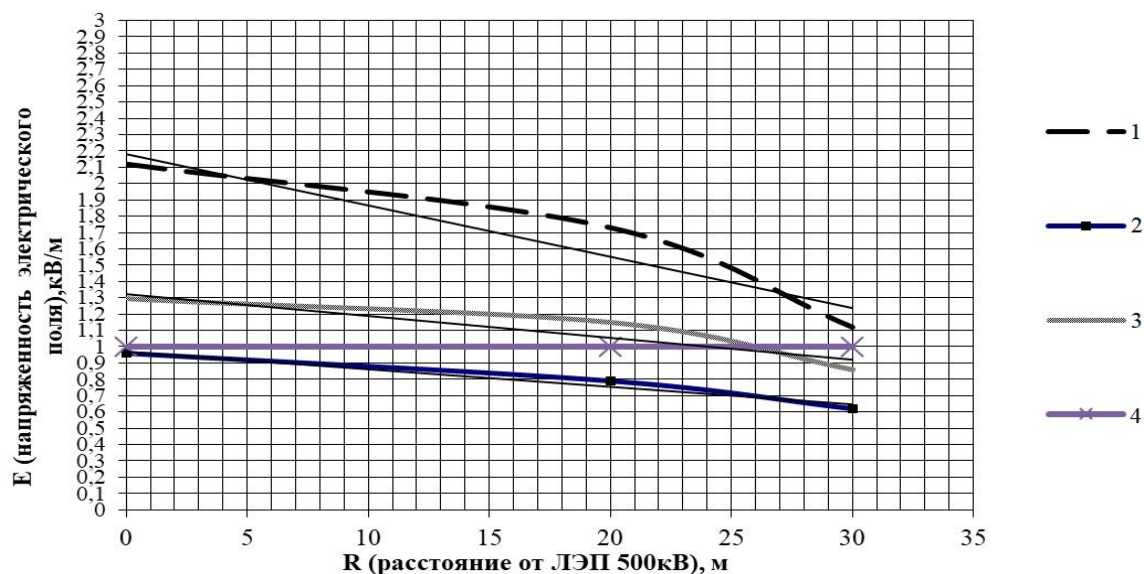


Рис. 2. Зависимости напряженности электрического поля от расстояния и высоты от поверхности земли с применением в качестве экранирующего материала «Профнастила С8-1150»: 1, 2, 3 – значения модулей вектора напряженности электрического поля на высоте 1,5; 1,8; 3 м. от поверхности земли, 4- предельно допустимый уровень электрического поля

Исходя из проведенного исследования, можно сделать вывод о том, что в экранировании электрического поля играет роль не только выбор сырья, из которого изготовлен материал, но и его форм- фактор, так «Профнастил МП-20», обладающий наименьшими расстояниями между гофрами показал лучшие показатели экранирования относительно «профнастила» марки «С8-1150», с учетом того, что толщина обоих марок одинакова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирикова, О. В. Защита от электромагнитных полей / О. В. Кирикова. – Москва : Мир, 1992. - 234 с. – Текст : непосредственный.
2. Большаков, М. А. О воздействии электромагнитного поля промышленной частоты на человека / М. А. Большаков. – Москва : Знание, 2000. – 201 с. – Текст : непосредственный.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ СТРОИТЕЛЬСТВА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ПО ЗАКАЧКЕ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В ПОДЗЕМНОЕ ХРАНИЛИЩЕ

Короткова Ю. С., инженер, korotkova.yu.s@yandex.ru
г.Тюмень, ООО «ИПИГАЗ»

Аннотация. В связи со стремительным развитием нефтегазового комплекса актуален вопрос использования компрессорных станций на месторождениях. В статье описан принцип действия компрессорных станций по закачке попутного нефтяного газа в подземное хранилище, представлены результаты расчета загрязнения атмосферного воздуха в результате строительства компрессорных станций, предложен ряд мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ для повышения экологической безопасности объекта.

Ключевые слова: компрессорная станция, загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение окружающей среды.

Объектом исследования является компрессорная станция (КС), расположенная на одном из месторождений ХМАО. Основным назначением рассматриваемой КС является сжатие газа, поступающего с месторождения, и закачка газа в подземное газовое хранилище. Площадка КС представляет собой комплекс технологического оборудования, который состоит из двух машинных залов, оборудованных компрессорными установками (КУ) низкого и высокого давления, а так же инженерно-техническими системами обеспечения работоспособности компрессоров, системой очистки газа по входу и выходу КУ, системой охлаждения, системой ингибирования гидратообразования.

Принцип работы КС осуществляется следующим способом: газ низкого давления со второй и третьей ступеней сепарации с давлением не более 0,103 МПа и температурой +15...+30 °С проходит через систему измерения количества и качества попутного нефтяного газа (ПНГ) и поступает на КС в вертикальный центробежный газовый сепаратор. Газ, очищенный от капельной жидкости и механических примесей, направляется на КУ низкого давления или резервную КУ. Далее газ с давлением 0,6 МПа и температурой не более +40 °С поступает в сепаратор. Газ высокого давления с первой ступени сепарации с давлением 0,6 МПа и температурой + 15...+ 40 °С проходит через систему измерения количества и качества ПНГ, поступает на КС, объединяется с газом второй и третьей ступеней сепарации после компрессоров низкого давления и подается в вертикальный центробежный газовый сепаратор. Газ, очищенный от капельной жидкости и механических примесей, направляется на КУ высокого давле-

ния, работающие в соотношении три в работе и один в резерве. Далее газ с давлением 14,5 МПа и температурой +45...+60 °С подается на закачку в подземное хранилище. Производительность КС низкого давления составляет $Q=535$ н.м³/ч, а производительность КС высокого давления составляет $Q=2660,2$ н.м³/ч.

Проанализируем влияние процесса строительства КС на окружающую среду, в частности на атмосферный воздух. Загрязняющие вещества (ЗВ) выделяются при работе дизельных электростанций, при сварочных, газорезательных, окрасочных и выемочно-погрузочных работах, при работе строительной техники и при ее заправке.

Таблица 1

Перечень ЗВ, выбрасываемых в атмосферу на период строительства КС

Загрязняющее вещество		Используемый критерий	Значение критерия мг/м ³	Суммарный выброс вещества	
код	наименование			г/с	т/год
0123	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	ПДК с/с	0,04000	0,0228985	0,007556
0143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	ПДК м/р	0,01000	0,0004202	0,000371
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,20000	1,0714966	2,292383
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,40000	0,1741181	0,372512
0328	Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0,15000	0,1860567	0,266815
0330	Сера диоксид-Ангидрид сернистый	ПДК м/р	0,50000	0,1389078	0,292949
0333	Дигидросульфид (Сероводород)	ПДК м/р	0,00800	0,0000901	0,000003
0337	Углерод оксид	ПДК м/р	5,00000	1,1957826	2,127855
0342	Фториды газообразные	ПДК м/р	0,02000	0,0001771	0,000634
0344	Фториды плохо растворимые	ПДК м/р	0,20000	0,0003117	0,001116
0415	Углеводороды предельные С1-С5	ОБУВ	50,00000	0,0107666	0,004464
0616	Диметилбензол (Ксилол)	ПДК м/р	0,20000	0,0732238	0,848547
0621	Метилбензол (Толуол)	ПДК м/р	0,60000	0,0330071	0,377859
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	ПДК с/с	1,00000	0,0000004	0,000003
1061	Этанол (Спирт этиловый)	ПДК м/р	5,00000	0,0023401	0,041201
1119	2-Этоксиэтанол (Этилцеллозольв, Этиловый эфир этиленгликоля)	ОБУВ	0,70000	0,0072569	0,112062
1210	Бутилацетат	ПДК м/р	0,10000	0,0058333	0,063360
1325	Формальдегид	ПДК м/р	0,05000	0,0041667	0,027900
1401	Пропан-2-он (Ацетон)	ПДК м/р	0,35000	0,0198958	0,249342
2732	Керосин	ОБУВ	1,20000	0,3400623	0,884769
2752	Уайт-спирит	ОБУВ	1,00000	0,0416488	1,298145
2754	Алканы С12-С19	ПДК м/р	1,00000	0,0320835	0,001028
2902	Взвешенные вещества	ПДК м/р	0,50000	0,1685417	0,851018
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	ПДК м/р	0,30000	0,0189489	0,012667
Всего:				3,5480353	10,13456

Расчёты загрязнения атмосферного воздуха проведены по УПРЗА серии «Эколог» в соответствии с методами расчётов рассеивания выбросов

вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе [1]. Данные по ЗВ представлены в таблице 1.

Превышения 1,0 ПДК на границе площадке строительства отмечены по диоксиду азота (выбросы обусловлены работой автотранспорта, спецтехники и передвижной дизельной электростанции) и ксилолу (выбросы образуются при покрасочных работах).

Исходя из того, что загрязнение атмосферного воздуха на месте производства работ будет кратковременным, а также учитывая открытость территории, можно сделать вывод о допустимости воздействия строительства КС на атмосферный воздух. При этом необходимо провести ряд мероприятий по уменьшению отрицательного воздействия на атмосферный воздух:

- проведение регулярного технического обслуживания двигателей и использование качественного топлива (сертифицированного топлива повышенного качества);

- контроль и обеспечение должной эксплуатации и обслуживания автотранспорта, специальной и строительной техники;

- доведение до минимума количества одновременно работающих двигателей;

- оптимизация движения техники;

- оборудование всех транспортных средств с дизельными двигателями внутреннего сгорания каталитическим дожигателем выхлопных газов. Замена дожигателей должна проводиться регулярно в соответствии с рекомендациями изготовителя для обеспечения эффективности их работы;

- снабжение укрытиями транспортных систем, участвующих в перевозке грунта [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Минприроды России от 06 июня 2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе». – Текст : электронный // Гарант - Законодательство : [сайт]. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71642906/> (дата обращения: 22.10.2019).

2. Сивков, Ю. В. Обеспечение экологической безопасности на нефтегазовых месторождениях / Ю. В. Сивков, М. В. Омельчук. – Текст : непосредственный // Нефть и газ Западной Сибири : материалы Международ. науч.-техн. конф. – Тюмень, 2015. – Т. 1. – С. 244-246.

ПОРАЖЕНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬ

Курбанов А. А., магистрант, artemkurbanov@icloud.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Анализируя причины возникновения чрезвычайных и аварийных случаев, которые случаются на объектах добычи и переработки углеводородов, можно смело сделать вывод, что основной причиной их возникновения является хрупкое разрушение элементов оборудования, в свою очередь приводящее к внушительным жертвам и катастрофам экологического характера. По этой причине, разработки улучшенных методов оценки состояния и диагностики оборудования на основе изучения состояния металла и его способности хрупко разрушаться, являются актуальными.

Ключевые слова: оборудование, диагностика, повреждение, металл, пассивная защита, дефект, полимерное покрытие.

Нефтехимическая отрасль и ее стабильное функционирование - важнейшая составляющая ТЭК. Так как, речь идет о сложных технологических процессах, то не обходится без чрезвычайных аварийных ситуаций, анализ которых дает возможность сказать, что основной причиной их возникновения является хрупкое разрушение элементов оборудования, в свою очередь приводящее к технологическим и экологическим катастрофам. В связи с этим, разработка возможных путей решения проблемы повышения надежности и ресурса оборудования на основе изучения состояния металла и методов возможной защиты, являются актуальными [1].

Одной из важнейших задач обеспечения технологической и экологической безопасности является соответствующая защита металлических конструкций оборудования объектов переработки, хранения и транспортировки. На разрушение металлоконструкций влияет целый ряд факторов, таких как состав углеводородов, непосредственно контактируемых с данными конструкциями, окружающая среда и прочее. Все эти механические и химические факторы в первую очередь приводят к повышенному коррозионно-эрозионному износу и к разгерметизации оборудования. Вызванная механическими и химическими воздействиями агрессивных сред коррозия и эрозия способствуют образованию опасных дефектов в металлических конструкциях, находящихся под давлением [2]. Понятно, что вышеописанные процессы приносят колоссальный технический и экологический вред.

Небольшой дефект (трещина) не ведет к мгновенным необратимым процессам разрушения. Следовательно, снизить вероятность аварийной ситуации можно выполняя комплекс мероприятий, таких как расчет проч-

ности конструкционных элементов и их механические свойства, особенности конструкции и эксплуатации, своевременно выявляя эти дефекты и прогнозируя их поведение, исходя из характеристики трещиностойкости (сопротивления металла к образованию и развитию трещин).

Чтобы сделать оценку предельного состояния металла и прогноз его износа важно точно выявить непосредственно хрупкое разрушение [3]. При статическом нагружении можно достичь хрупкого разрушения металлических образцов, выполнив такие критерии: исследуемый фрагмент конструкции должен иметь большое поперечное сечение и на его поверхности обязательным является присутствие дефекта в виде трещины. С практической точки зрения, наилучшим вариантом проведения испытаний является экспериментальная оценка при низких температурах, так как это даст возможность оценить весь существующий диапазон вязко-хрупкого перехода.

Рядом ученых был изучен возможный пассивный способ увеличения технической надежности и ресурса производственных объектов – защита с помощью допустимых изоляционных покрытий [2]. Таким покрытием может служить полимерная антикоррозионная обработка. Полимер должен обладать высокими адгезионными свойствами к стали, быть стойким к абразивному износу и к критическим перепадам температур. Полимерные покрытия внешних и внутренних поверхностей подвержены старению, поэтому свойства полимеров под воздействием нагрузок заметно снижаются. В последствии возникают такие изменения химического строения: разрыв основной цепи макромолекулы, разрывы поперечных связей между ними, образование двойных связей в основной цепи и другие, увеличение твердости покрытия, снижение эластичности и изолирующих свойств.

Были установлены критерии оценки и прогнозирования разрушений материалов нефтегазового оборудования и пути возможной защиты от действия механических нагрузок и внешней среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системный анализ в процессах контроля и управления нефтегазовых объектов / М. Ю. Земенкова, А. Н. Шиповалов, С. М. Дудин, Ю. Д. Земенков. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2007. - № 5. - С. 116-119.

2. Баширов, М. Г. Диагностика оборудования предприятий нефтехимии и нефтепереработки электромагнитными методами / М. Г. Баширов. – Текст : непосредственный // Будущее технической науки : материалы IV Всерос. науч.-техн. конф. - Нижний Новгород, 1999. – С. 32-33.

3. Богданов, Е. Л. Основы технической диагностики нефтегазового оборудования : учеб. пособие для вузов / Е. Л. Богданов. - Москва : Высшая школа, 2006. - 279 с. – Текст : непосредственный.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВИХРЕВЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО РУДОПОДОБНОГО СЫРЬЯ

Максимов Л. И., аспирант, maksimovlev93@gmail.com

Малеванная М. И., магистрант, m.malevannaya@yandex.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В рамках глобального исследования, посвящённого созданию технологии малоотходной переработки техногенных отходов с высокой степенью дисперсности – осадков промывных вод станций водоподготовки подземных вод и имеющих потенциально широкий спектр конечного применения, был выделен ряд проблем требующих детального изучения. Одной из таких проблем является техносферная и производственная безопасность при работе со спроектированной ранее установкой по переработке осадка. Важным фактором процесса эксплуатации этой установки является присутствие высокотемпературных вихревых газовых потоков, осложнённых присутствием высокодисперсных легкоокисляемых порошков металлов. По результатам изучения особенностей сырья, процесса переработки и опыта смежных сферы были даны практические рекомендации по снижению риска возникновения нештатных ситуаций.

Ключевые слова: переработка, осадок, экология, вихревые потоки, высокотемпературные среды.

В ходе исследований, направленных на разработку метода переработки осадков промывных вод станций водоподготовки подземных вод, ранее были определены ключевые химические и гранулометрические характеристики рудоподобного техногенного сырья. Предварительные результаты позволяют нам утверждать, что наиболее рациональным с точки зрения ресурсо- и энергоёмкости производства является способ переработки, основанный на химическом восстановлении металлов из оксидов в условиях высокотемпературных вихревых газодинамических потоков ввиду высокой степени дисперсности исходного сырья [1].

Важность нахождения рационального и безопасного способа переработки такого вида сырья обусловлена его широким спектром областей применения в различных отраслях, в том числе при производстве строительных материалов, пигментов, а также производства материалов для аккумуляторных батарей и неразрушающего магнитного контроля [2-5].

Для сохранения исходных гранулометрических качеств сырья, после подробного изучения, мы остановили свой выбор именно на высокотемпературных вихревых газодинамических потоках ввиду их следующих преимуществ:

- Создание псевдооживленного слоя;

- Максимальная и управляемая скорость протекания реакции;
- Высокий уровень энергоэффективности.

Помимо приведённых преимуществ такого процесса, нами была выявлена такая значимая особенность, как возможность массово-объёмного взрыва. Это становится возможным ввиду сочетания внутри одного процесса сразу нескольких факторов:

- Высокая температура протекания реакции (от 450 до 900*С);
- Крайне высокая степень химической активности наноразмерных частиц и близких к ним по размеру, вне зависимости от их химического состава;
- Химическая реактивность железа и его соединений, усиливаемая вышеописанным фактором.

Всё это требует от нас создания условий, минимизирующих, как шанс возникновения аварийной ситуации, так и последствия в случае её возникновения.

Исходя из этого, были даны следующие выводы и рекомендации:

- Исключить возможность попадания в реакторную систему веществ, имеющих окислительный потенциал (прим.: кислород из атмосферного воздуха);
- Выполнять абсолютно все элементы реактора из жаропрочных сталей, не имеющих в составе добавок, способных реагировать с соединениями железа и побочными продуктами реакции;
- Исключить присутствие оператора установки в опасной зоне (зоне вероятного поражения в случае возникновения массово-объёмного взрыва) во время процесса её эксплуатации. Для этого стоит использовать инструменты дистанционного управления установкой (пульты и терминалы), находящиеся в отдельной постройке или мобильном передвижном комплексе, способном защитить оператора в случае возникновения аварийной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимов, Л. И. Проблемы экологической безопасности сырья для производства порошкового железа из осадка станций обезжелезивания / Л. И. Максимов, Ю. Д. Замятина. - Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной с междунар. участием науч.-практ. конф. - Тюмень, 2018. - С. 316-319.

2. Максимова, С. В. Исследование прочностных свойств строительных керамических материалов, полученных с применением осадков станций обезжелезивания / С. В. Максимова, З. С. Кутрунова, Л. И. Максимов. - Текст : непосредственный // Земля, вода, климат Сибири и Арктики в XXI

веке : проблемы и решения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. - Тюмень, 2014. - С. 143-146.

3. Использование шламов станций обезжелезивания в качестве альтернативного источника ресурсно-сырьевой базы для производства строительных керамических изделий / Л. И. Максимов, С. В. Максимова, А. В. Пешева, А. И. Иозефатова. - Текст : непосредственный // Сборник материалов XV науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, соискателей и магистрантов ТюмГАСУ. - Тюмень, 2015. - С. 64-69.

4. Педько, А. А. Утилизация промывных вод станций обезжелезивания / А. А. Педько, Л. И. Максимов, С. В. Максимова. - Текст : непосредственный // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке : материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф. - Тюмень, 2017. - С. 224-231.

5. Методы создания ультрадисперсного состояния высокодисперсных частиц осадка станций обезжелезивания / Л. И. Максимов, С. В. Максимова, К. В. Кусков [и др.] - Текст : непосредственный // Водные ресурсы - основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке : материалы XXI Междунар. науч.-практ. конф. - Тюмень, 2019. - С. 180-183.

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ

Малых И. А., доцент, cafedra2.tvviku@yandex.ru

Мартышин А. А., канд. техн. наук, доцент, cafedra2.tvviku@yandex.ru

Литвинов Д. О., канд. с.-х. наук, преподаватель, cafedra2.tvviku@yandex.ru

г. Тюмень, Тюменское высшее военно-инженерное командное училище

Аннотация: В данной работе описано обеспечение пожарной безопасности нефтеперекачивающей станции. Для обеспечения пожарной безопасности рассчитаны силы и средства, количество огнетушащих веществ и машин для тушения резервуара группы РВС 5000 м³ в пределах одного обвалования на примере НПС «Вагай»

Ключевые слова: нефтеперекачивающая станция, пожарная безопасность, расчет сил и средств.

Нефтеперекачивающая станция является пожароопасным объектом. Для обеспечения пожарной безопасности необходимо рассчитать силы и средства, количество огнетушащих веществ и машин.

Для целей пожаротушения на территории НПС имеются сети наружного и внутреннего противопожарного водопровода, пожарная насосная станция и резервуары для противопожарного запаса воды [1,2].

Целью данной работы является обеспечить пожарную безопасность нефтеперекачивающей станции на примере НПС «Вагай».

Расчет производим для резервуара группы РВС 5000 м³ в пределах одного обвалования на НПС «Вагай».

Определяется время сосредоточения сил и средств на месте пожара.

Продолжительность пожара – время с момента возникновения, свободного развития пожара до момента его локализации.

$$\tau = 14,5 + 172,5; \tau = 187 \text{ мин.} \quad (1)$$

Время до сообщения в пожарную охрану (оператору НПС) – промежуток времени от момента обнаружения пожара (начала возникновения) до сообщения о нем в пожарную команду.

Для объектов оборудованных автоматической системой пожаротушения, пожарной сигнализацией – время до сообщения в пожарную охрану принимается не более 1 мин.

Время сбора членов ДПД (находящихся на рабочих местах), мин:

$$\tau_{сбДПД} = 60L/V_{ов}, \quad (2)$$

где, L – расстояние (км) от наиболее удаленно рабочего места на НПС до объекта пожара; V_{дв} – скорость движения человека принимается 15 км/час.

$$\tau = 60 \times 2 / 15 = 8 \text{ мин.} \quad (3)$$

Время сбора членов ДПД не должно превышать 4 мин. для НПС без РП, 8 минут – (НПС) с РП.

Время следования подразделений (пожарных автомобилей на пожар) – время с момента выезда пожарного автомобиля до прибытия к месту пожара. Скорость движения пожарных машин $V_{дв} = 40$ км/час. (на основании данных, полученных при проведении ПТУ, УТЗ, средняя скорость движения автоцистерны составляет: по НПС 20 км/час по п. Заречный 30 км/час).

$$\tau_{сл} = 60L/V_{дв} \quad (4)$$

где, L – расстояние до объекта, км; $V_{дв}$ – скорость движения пожарных автомобилей, км/час; $\tau_{сл}$ – время следования пожарных автомобилей, мин.

Время развертывания личного состава подразделений пожарной – время с момента прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту пожара до введения первых стволов на тушение пожара. (4 мин.)

Время локализации пожара – время, затраченное подразделением (подразделениями при объявлении) пожарной охраны, на введение сил и средств (стволов, огнетушащих средств) требуемое для локализации пожара согласно расчета.

$$\tau_{лок} = \tau_{св.} + \tau_{сл.2} + \tau_{б.р.2}, \quad (5)$$

где $\tau_{св.}$ – время свободного развития пожара; $\tau_{сл.2}$ – время следования подразделений, $\tau_{б.р.2}$ – время боевого развертывания подразделений, мин.

$$\tau_{лок} = 14,5 + 150 + 8; \tau_{лок} = 172 \text{ мин. } 30 \text{ сек.}$$

Для резервуаров типа РВС площадь пожара (M^2) определяем по формуле:

$$S_n = \pi \cdot D^2 / 4 - \pi \cdot (D - 0,6)^2 / 4, \quad (6)$$

где D – диаметр резервуара, м.

$$S_n = 3,14 \times 34,2 \times 34,2 / 4 - 3,14 \times (34,2 - 0,6)^2 / 4 = 918,16 - 886,23 \text{ м}^2 = 31,93 \text{ м}^2$$

Таблица 1

Расчет сил и средств для тушения пожара

Площадь пожара, m^2	Расход огнетушащих средств, л/с	Кол-во приборов подачи, шт	Запас огнетушащих веществ, шт.	Кол-во пожарных машин, шт	Расстояние для подачи воды, м	Численность личного состава, чел/шт.
816	157,4	ФJM-80 – 2 шт. СЛК-П20 – 6 шт. РС-70 – 8 шт.	ПО 9,4 m^3 Воды 4018 m^3	9	100	3/9

Таким образом, в работе проведен расчет сил и средств, расход пенообразователя на пожаротушение НПС, необходимый запас огнетушащих средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров, А. Ф. Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств / А. Ф. Егоров. – Москва : Право, 2018. - 258 с. – Текст : непосредственный.

2. Баратов, А. Н. Пожарная безопасность : учебное пособие / А. Н. Баратов, В. А. Пчелинцев. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 144 с. – Текст : непосредственный.

УДК 504.064

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ FIJI ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИИ

Мателенок И. В., канд. техн. наук, доцент кафедры инноватики и интегрированных систем качества, igor_matelenok@mail.ru.

г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Аннотация. Выполнен комплекс работ по оценке применимости программного обеспечения Fiji для определения параметров двигательных реакций микроорганизмов при биотестировании. Установлен перечень необходимых для решения задачи программных компонентов, описана последовательность операций анализа видеоданных, позволяющая охарактеризовать двигательную активность тест-объектов. Проведены предварительные испытания программного обеспечения в экспериментах по биотестированию.

Ключевые слова: биотестирование, микроорганизмы, программное обеспечение, траектории, трекинг.

Использование простейших в качестве тест-объектов при биотестировании в большинстве случаев предусматривает оценку острой токсичности и применение специальных инструментов для установления жизнеспособности организмов, наличия и характеристик их движения.

На практике наиболее часто реализуется визуальный подсчет числа клеток в контрольной и опытной пробе при их исследовании под микроскопом [1]. Надежным методом контроля можно считать и фотометрическое детектирование в сочетании с активацией гальванотаксиса [2]. Анализ двигательных реакций простейших [3] основывается в большей степени на автоматизированной количественной оценке выбираемых характеристических параметров движения [4]. Для такого рода диагностики, базирующейся на фотофиксации изменения положения тест-объектов, требуется ис-

пользование цифровых микроскопов и специализированных программных продуктов, зачастую разработанных с целью реализации определенного метода. Однако для решения таких задач могут быть применимы и многофункциональные программы, распространенные в медицине, биологии и технике. Оценке возможности использования в биотестировании одного из таких программных продуктов, Fiji, и посвящена настоящая работа. К основным задачам исследования относится анализ функциональности программного обеспечения, выбор программных модулей, позволяющих решить задачи определения параметров движения простейших, формирование последовательности операций по их использованию и испытание инструмента в условиях эксперимента по биотестированию.

Fiji представляет собой базовую сборку открытого и свободно распространяемого программного обеспечения ImageJ, дополненную большим количеством модулей, существенно расширяющих его функциональность [5]. В наборе доступных модулей присутствует несколько, предназначенных для детектирования объектов и их трекинга: MTrackJ, MTrack2, TrackMate. В ходе настоящей работы было решено остановить выбор на модуле TrackMate, функциональном, стабильном и удобном в использовании для оператора, не являющегося специалистом в области машинного зрения. Другие необходимые операции, осуществляемые до детектирования и после трекинга, могут быть выполнены с помощью базовых функций ImageJ.

Данные в виде последовательности фотоизображений или видео поступают с цифрового микроскопа на электронно-вычислительную машину с установленным на ней программным обеспечением Fiji, в котором и производится полный цикл операций по их обработке. При импорте видео оно преобразуется в стек изображений (кадров), каждое из которых может быть изучено отдельно. Далее производится преобразование цветового пространства (чаще всего для отслеживания объекта достаточно полутоновых одноканальных изображений), устраняются перепады яркости в поле кадра, при необходимости изображения инвертируются.

Работа с модулем TrackMate начинается с выбора границ анализируемого участка в трехмерном пространстве X-Y-T (две пространственные и одна временная координата) и калибровки (корректировки физического размера пикселя и частоты кадров). Для обнаружения каплевидных образований (blob detection) может быть использован один из четырех детекторов, каждый из которых ориентирован на определенный размер объектов. Обнаруженные в поле изображения образования заданного размера подвергаются фильтрации с целью отбора удовлетворяющих некоторым критериям объектов (например, по перепадам яркости, зашумленности и т.п.). Далее осуществляется переход к этапу трекинга, на котором устанавливаются правила построения траекторий движения объектов в последовательности изображений и производится непосредственно отслеживание. Полу-

ченные треки могут быть отредактированы: объединены, разделены, отфильтрованы. После построения траекторий выполняется анализ точек (объектов на кадрах), ветвей треков, целых треков. При этом могут быть построены графики изменчивости позиций, скоростей движения по трекам, других характеристик. Все числовые данные и графические материалы доступны к сохранению во внешние файлы для последующего анализа с помощью альтернативного программного обеспечения.

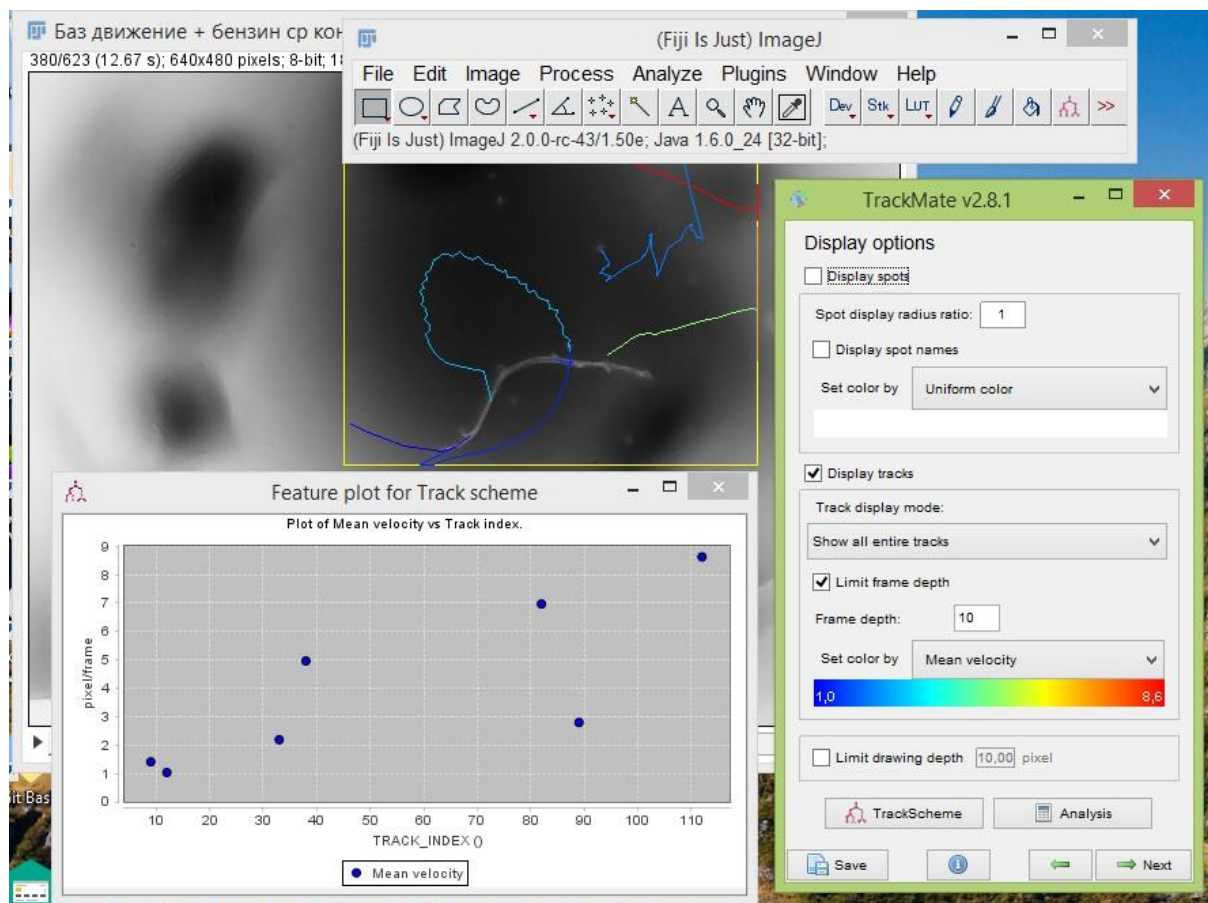


Рис. 1. Ход анализа характеристик траекторий движения инфузорий с помощью программного продукта Fiji

Описанная выше последовательность действий по автоматизированному анализу двигательных реакций микроорганизмов была испытана в серии экспериментов по определению влияния попадания жидких топлив (бензина, керосина) в водную среду на инфузорий рода *Paramecium*. Видеофиксация процессов в кювете производилась с помощью цифрового микроскопа. Дальнейшая обработка кадров видео позволила количественно оценить параметры движений простейших. Вид окон графического интерфейса Fiji на этапе анализа треков показан на Рис. 1.

Использованное программное обеспечение позволило выявить изменения скорости и характера движения инфузорий, связанные с действием топлив. Зафиксирован переход от сложных траекторий с чередованием

быстрых и медленных отрезков (плавных спиралеобразных движений и резких «скачков») к прямолинейным трекам с большой средней скоростью и затухающим маятниковым колебаниям. Медианное смещение между кадрами, согласно результатам анализа, при действии токсикантов увеличилось более чем в 2 раза.

Итоги предварительных испытаний показывают достаточность функционала исследованного программного обеспечения для выполнения анализа видеорядов при биотестировании. Продолжением настоящей работы может стать разработка основанной на использовании Fiji методики оперативного контроля проб воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова, В. О. Биотестовая система контроля качества воды при электрообработке : 05.11.13 : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. О. Смирнова ; СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – Санкт-Петербург, 2012. - 18 с. – Текст : непосредственный.

2. Попов, А. В. Практическое использование реакции гальванотаксиса простейших в токсикологических исследованиях для автоматизации оценки острой токсичности сред / А. В. Попов, Д. О. Виноходов, М. В. Рутто. – Текст : непосредственный // Экологическая химия. - 2013. - Т. 22, № 4. - С. 203-214.

3. Котов, Н. В. Двигательная активность *Paramecium caudatum* : 03.00.02 : дис. ... доктор техн. наук / Н. В. Котов ; КГУ. - Казань, 2001. - 256 с. – Текст : непосредственный.

4. Ковалевская, А. С. Метод классификации токсикантов на основе выявления характеристик этологических реакций инфузорий / А. С. Ковалевская, О. В. Смолова. – Текст : электронный // Известия ЮФУ. Технические науки. - 2010 - № 9. - С. 126-130. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-klassifikatsii-toksikantov-na-osnove-vyyavleniya-harakteristik-etologicheskikh-reaktsiy-infuzoriy> (дата обращения : 10.11.2019).

5. Fiji : an open-source platform for biological-image analysis / J. Schindelin, I. Arganda-Carreras, E. Frise [et al.]. – Text : electronic // Nature methods. - 2012. - No. 9. - Pp. 676-682 – URL : <https://www.nature.com/articles/nmeth.2019> (date of the application 10.11.2019).

ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТЮМЕНИ

Мельникова А. В., магистрант, Alena-melnikova-96@list.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. На сегодняшний день экологи часто поднимают вопрос озеленения в городских территориях. Они считают, что человек в современном городе должен быть "не оторван" от природы. Главным фактором, оказывающим влияние на самочувствие человека, является его место проживания, в данном случае городская среда.

Ключевые слова: озеленение в городских территориях, влияние городской среды, психоэмоциональное состояние человека, благоприятная среда.

Город Тюмень – это первый город Сибири. Город расположен в южной части западной Сибири и простирается по береговой линии Туры. Тюмень занимает 70 тыс. га территории, из которых на долю городской застройки приходится 16 тыс. га (23% территории). На сегодняшний день на территории г. Тюмени проживает 688 тысяч человек. Так как город активно развивается, то это приводит к расширению городской территории.

Главной проблемой города является ухудшение экологии, в связи с расширением поселковых зон, которые сдвигают линию лесополосы. Также увеличение территории приводит к росту ТЭЦ (теплоэлектроцентрали), автодорог и уменьшению прилегающих зеленых зон. На территории города Тюмени расположены ТЭЦ -1 (Ленинской округ), ТЭЦ-2 (Восточный округ).

В IX веке в городе Салерно (Италия) возникла корпорация врачей, которые изучали влияние окружающей среды на здоровье человека. Выдающийся врач средневековья Арнольд из Виллановы написал в XIV веке "Салернский кодекс здоровья" (1480 год). В своих работах врач описывал здоровый образ жизни.[2] В подтверждении вышесказанного, приведена следующая рекомендация: "Утром на горы свой взор обрати, а под вечер на воды", "Источников гладь и трава - глазам утешенье".[1]

В настоящее время все чаще практикуется "натуропатия" лечение при помощи природных факторов. Как показывает практика, огромное воздействие на человека оказывает благоустройство территории. Застроенная территория негативно влияет на человека, она провоцирует наличие стресса, депрессии, раздражительности. Все это появилось из-за резкого роста городов, появление мегаполисов, поэтому архитектурная сторона ушла на второй план. Всё чаще стали появляться "муравейники".

Согласно анализу фактических данных о взаимодействии благоустройства территории и состоянии человека в городах с худшими эколо-

гическими условиями продолжительность жизни мужчин в городах в среднем на 1,9 года короче, чем на территории с более благоприятными условиями. У женщин, которые живут в наиболее благоприятных условиях на 0,5-2,0 года выше, чем на территории с неблагоприятными экологическими условиями. Это доказывает, что в городах с высокой техногенной нагрузкой на человека негативно влияет на качество и здоровье населения.[3]

Благоустройство территории является одним из составляющих элементов, которое оказывает влияние на человека, а именно на психоэмоциональное состояние. Подобное влияние на человека оказывает рельеф местности. В подтверждении вышесказанного обратимся к китайскому философу И Фу Цюань, который ввел понятие топофилии (возможность оценить отношение человека к окружающей среде).

Таким образом, в современном городе для положительного влияния на психоэмоциональное состояние человека необходимо создать гармоничное сочетание зданий, транспорта, зеленых массивов, парков, скверов.

По мнению опрошенных жителей города Тюмени наиболее благоприятными для проживания является район Дом обороны (ул. Полевая, ул. Болотникова, ул. Льва Толстого). По мнению опрошенных данный район характеризуется наличием в шаговой доступности «Экопарк», «Аллея молодоженов», набережная, небольшая плотность населения. Также наличие зеленых дворов отмечают жители и района КПД (район улиц Одесская – Рижская), а также акцентируют внимание на наличие детских площадок, школ, детских садов.

По мнению жителей новых микрорайонов выделяют «Европейский» и «Тюменская слобода». Данные микрорайоны нравятся жителям из-за активной застройки, благоустройства дворовых территорий, наличия зелени, однако остро стоит вопрос о наличии школ и детских садов.[4]

На сегодняшний день экологи часто поднимают вопрос озеленения в городских территориях. Они считают, что человек в современном городе должен быть "не оторван" от природы.[2] Поэтому площадь зеленых насаждений в городе должна занимать больше половины застроенной территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шульца, Ю. Ф. Салернский кодекс здоровья. XIV век / Ю. Ф. Шульца. – Москва : Медицина, 2006. – 539 с. – Текст : непосредственный.
2. Влияние ландшафта на психику человека : [сайт]. – URL : <https://Studopedia.ru> (дата обращения: 10.11.2019). – Текст : электронный.
3. Народный рейтинг лучших районов Тюмени : [сайт]. – URL : <https://72.ru>. (дата обращения (10.11.2019)). – Текст : электронный.

ЭКОЛОГО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ КАРКАС ГОРОДА ТЮМЕНИ

Мельникова А. В., магистрант, Alena-melnikova-96@list.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Зеленые насаждения города являются неотъемлемой частью экологического каркаса. Поэтому очень важно знать, из чего состоит экологический каркас, и какую функцию несет он для города.

Ключевые слова: экологический каркас, норма озеленения, озеленение города.

Впервые понятие экологический (природный) каркас появилось в отечественной литературе в конце 1970х-1980х годов. Экологический каркас зародился в сфере градостроительного проектирования, основоположником термина является Владимир В.В. Он первый из отечественных ученых под "экологическим каркасом" подразумевает узлы и оси, при помощи которых формируется экологический каркас. [1] Понятие "каркас" берет свое начало от французского слова "carcasse", что в переводе на русский означает - скелет. [2]

Экологический каркас – это совокупность экосистем с индивидуальным режимом природопользования для каждого земельного участка, которые образуют пространственно-организованную инфраструктуру, которая поддерживает экологическую стабильность территории. [1] Так как экологический каркас характеризуется целостностью, то все его детали и блоки должны быть пространственно связаны в единую жилую сеть из ядер (аренальных блоков экологического каркаса) и коридоров (линейных блоков).

Экологический каркас состоит из трех основных групп (элементов):

1. экологические ядра – узловыe элементы экологического каркаса, обеспечивающие сохранение важных экосистем и включающие центры распространения видов флоры и фауны;

2. экологические коридоры – связывающие элементы между узловыми блоками экологического каркаса;

3. буферные зоны – предназначены для защиты центральных ядер и коридоров экологического каркаса от потенциально вредных воздействий.

Таким образом, зеленая зона города должна включать в себя неизменные ландшафты, а они в свою очередь оказывают на город благоприятные воздействия.[2]

Так же немаловажной частью является норма озеленения на одного жителя города. Если при изучении данного вопроса обратиться к нормативным документам, регламентирующим устройство зеленых зон, то одним из важнейших критериев, которые определяют комфортность среды обитания в городском микрорайоне (квартале), является то, на сколько го-

родские или сельские жители обеспечены рекреационными зонами. Данный показатель в дальнейшем будем называть «обеспеченность зелеными насаждениями», единица измерения – м²/чел. Данное понятие взято из СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. [4]

Город Тюмень – это первый город Сибири, который основан в 1586 году на пересечении древнейших торговых путей, соединяющих Европу с Азией. Численность жителей города Тюмени на 2018 год составляет 768358 человек, а общая площадь земель Муниципального образования городского округа города Тюмени – 69848 га.

Тюмень административно поделен на четыре территориальных округа: Центральный, Ленинский, Калининский, Восточный.

На сегодняшний день город активно развивается, в связи с этим возникает экологический вопрос, касающийся озеленения городской территории. Город Тюмень включает в себя 54 озелененных территорий и 3 зоны отдыха (Верхний бор, Жилой район Метелево, ТЭЦ-2). По данным администрации города Тюмени площадь озелененных территорий общего пользования (т.е. парков, скверов, набережных и т.д.) составляет 1012645 м², а площадь Тюменских лесопарков, к которым относятся Гилевская роща, Затюменский и Гагаринский парки составляют 2618930 м². Следовательно, площадь озелененных территорий общего пользования (т.е. скверы, бульвары и лесопарки) составляют 3631545 м². Таким образом, на одного жителя Тюмени приходится 3,4 м². Согласно постановлению Правительства Тюменской области «Об утверждении региональных нормативов градостроительного проектирования в Тюменской области» №82-п от 19 марта 2008 площадь озеленения территорий общего пользования составляет 10 м² на человека.[5] Отсюда следует, что в городе Тюмени не хватка озеленений это связано с тем, что идет активная вырубка зеленых насаждений.

Администрация города неоднократно поднимает тему сохранения экологии. Согласно заседанию постоянной комиссии по градостроительству и землепользованию 10 октября 2018 года поднимался вопрос, касающийся вырубке зеленых насаждений. На сегодняшний день в городе произрастает порядка полутора миллионов деревьев, а городских лесах – 15 миллионов деревьев. Также результатом является разработка стратегии озеленения города, включающая в себя информацию о территории, которым необходима озеленение. На основании этого будут вноситься изменения в генеральный план города и в правила благоустройства. Также на заседании было оговорено, что по поручению губернатора Тюменской области в 2019 году начнутся работы по благоустройству Гилевской рощи, а именно благоустройству 30 гектаров прилегающей территории к лесопарку.

Так как город Тюмень активно застраивается и нет возможности расширять парковые зоны и все реконструкции проведены, а экологиче-

ский вопрос остается открытым, то необходимо воспользоваться нетрадиционными методами озеленения.

Рассматривая зарубежный опыт в озеленении города и в целом экологического каркаса стоит обратить внимание на то, что огромное значение зарубеж уделяет именно зеленым насаждениям. Так как при увеличении площади зеленых насаждений будет реализовываться и главная функция экологического каркаса. Также стоит отметить, что облик города, его окружающая среда зависит от количества зеленых насаждений. При помощи их поддерживается полноценность отдыха жителей города. Для подтверждения вышесказанного стоит обратить внимание на градостроительный опыт мегаполисов зарубежных городов (Сингапур, Мельбурн, Лондон, Нью-Йорк, Париж, Барселона, Куритиба).[3]

В зарубежных городах наиболее часто увеличивают озеленение города за счет создания садов на крышах жилых домов и общественных зданий. Тем самым улучшая окружающую среду, что благоприятно влияет на улучшение качества жизни горожан. Данный вид озеленения преимуществен с точки зрения инсоляции и загрязнения воздуха. Примеров такого озеленения является: США, Германия, Вьетнам и другие города зарубежных стран. [3]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пономарев, А. А. Экологический каркас: анализ понятий / А. А. Пономарев., Э. И. Байбаов., В. А. Рубцов. – Текст : непосредственный // Естественные науки. – 2012. – Т. 154, № 3. – С. 228-238.

2. Экологический каркас города. Функции и принципы проектирования : [сайт]. – URL : <https://medium.com> (дата обращения: 8.11.2019). – Текст : электронный.

3. Нерсеян, И. С. Крышное озеленение как способ урбанистического коэволюции. / И. С. Нерсеян. – Текст : непосредственный // Международный научный журнал «Символ науки». – 2015. – № 4. – С. 247-249.

4. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений : СП 42.13330.2011 : редакция : утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 28 декабря 2010 г. N 820 : ввод. в действие с 2011.05.20. – Москва : АО "Кодекс", 2011 – 56 с. – Текст : непосредственный.

5. Об утверждении региональных нормативов градостроительного проектирования : постановление Правительства № 82-п : [принят Правительством Тюменской области 19.03.2008 года : одобрен Губернатор Тюменской области 2 апреля 2008]. - Текст : электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : [сайт]. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/819042708> (дата обращения: 8.11.2019).

АНАЛИЗ ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ НОРВЕГИИ

Мельников П. Р., аспирант, 27denovair@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Механизм экологического сопровождения процесса разработки на отечественных проектах еще развивается, и не всегда полноценно отвечает вопросам, связанным с защитой окружающей среды от негативных факторов. Исследование опыта страны, демонстрирующей высокие экологические показатели может оказать положительное влияние на формирование изменений в существующей отечественной экологической системе.

Ключевые слова: экологическое регулирование, разработка месторождений, нефть, газ.

На сегодняшний день Норвегия входит в группу стран с крупнейшими показателями добычи, являясь при этом самой молодой нефтяной державой. Обстановка в нефтегазовом секторе Норвегии имеет важное значение как для экономики страны, так и для экологического благосостояния территории.

Развитие энергетического потенциала Норвегии и ее дальнейшее вхождение в число стран с высокими показателями добычи началось еще в 1970-х годах, благодаря интенсивному освоению Северного моря и открытию месторождений с колоссальными запасами, среди которых Экофиск и Статфьорд. [1]

Взятая за основу анализа система экологического регулирования на территории Норвегии демонстрирует результат грамотного баланса между технологическими процессами и соблюдением экологических норм, соблюдение которого позволяет получать высокие результаты с уменьшенной угрозой для окружающей среды. Издержки на реализацию системы экологической поддержки в Норвегии не накладывает обременительных и финансовых ограничений на недропользователей.

Законодательство королевства Норвегия развивалось не один десяток лет. Завершающий этап формирования контролирующего механизма связано с Королевским указом от 8 декабря 1972 года, а затем внесением финальных положений в Закон о нефтяной деятельности от 22 марта 1985 года. [2]

Важным шагом по реализации изменений в процессах является присоединение Норвегии к Международной морской организации, и принятие в дальнейшем положения Осло-парижской конвенции о защите морской среды северо-восточной Атлантики 98/3, регламентирующее правильную

деинсталляцию морских платформ по добыче углеводородов, на национальном уровне.

Итогом законотворческих процессов послужило установление важного принципа, согласно которому прекращение деятельности по добыче нефти невозможно без полноценного удаления всего добывающего оборудования. Это необходимо для дальнейшего использования участка, на котором велась добыча, для новых целей, в том числе реорганизации под нужды природоохранных служб.

Обязанность подготовить план возлагается на держателей лицензий на добычу и на размещение и эксплуатацию установок для транспортировки и использования нефти и газа. За держателем лицензии устанавливается обязательство предоставлять план в ограниченный срок, устанавливаемый в зависимости от возникших обстоятельств. Данные обстоятельства могут включать в себя отказ владельца от лицензии или ее аннулирование Министерством нефти и энергетики по ряду причин. [1,3]

План прекращения эксплуатации месторождения является частью лицензионной системы. На его основании Министерство нефти и энергетики принимает решение по удалению сооружений, что позволяет осуществлять государственный контроль в каждом конкретном случае. План состоит из двух этапов.

На первом этапе планирования на недропользователя возлагается обязанность провести оценочные работы для формирования нескольких вариантов совокупности затрат на окончание работ, а также классифицировать установку по одному из нескольких классов безопасности.

На втором этапе обладатель лицензии должен оценить воздействие каждого варианта и на водную среду (включает в себя измерение уровня шума, оценку уровня нарушения границ обитания живых организмов, сформировавшихся на протяжении срока службы сооружения) и компоненты природной среды на суше, которым мог быть нанесен ущерб проводимыми работами. [1,4]

В соответствии с законами, обладатель лицензии, собственник сооружений или пользователь назначаются ответственными за ущерб, который может быть причинен деинсталляцией оборудования.

Такая форма государственного контроля является характерной чертой всей лицензионной системы. Однако на заключительной стадии государственный контроль обязательно должен осуществляться в соответствии с международными стандартами и положениями конвенций в области охраны окружающей среды.

К сожалению, для многих стран ведение добычи углеводородов на месторождениях без обеспечения экологического регулирования процесса на необходимом уровне является нормой и объясняется прежде всего повышенной ресурсоемкостью и дороговизной соблюдения экологических нормативов.

Описанная в работе практика экологического регулирования технологических работ на месторождениях направлена прежде всего на совместную работу как промышленных, так и экологических инструментов взаимодействия с окружающей средой для достижения оптимальных результатов.

Норвежский опыт, демонстрирующий высокий положительный эффект от реализуемых мер по охране окружающей среды и государственного контроля может быть очень полезен России, поскольку на сегодняшний день большие перспективы возложены на Арктику и северные регионы, а расточительный подход к добыче природных ресурсов без соответствующей экологической поддержки может привести к негативным изменениям в экологической обстановке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко, Д. Р. Эколого-правовые аспекты государственного регулирования заключительной стадии разработки месторождений нефти и газа в Норвегии / Д. Р. Коваленко. – Текст : непосредственный // Вестник поморского университета. Серия «Гуманитарные и социальные науки». - 2010. - № 3. – С. 106-108.

2. Жакишева, А. А. Пути предотвращения воздействия нефтегазовых производств на окружающую среду / А. А. Жакишева. – Текст : непосредственный // Вестник Челябинского государственного университета. - 2011. - № 32 (247). – С. 141-149.

3. Жакишева, А. А. Экологические последствия добычи нефтегазовых ресурсов / А. А. Жакишева. – Текст : непосредственный // Вестник Челябинского государственного университета. – 2011. - № 31 (246). – С. 137-141.

4. Набок, С. Д. Энергетическая политика Норвегии / С. Д. Набок. – Текст : непосредственный // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Гуманитарные и общественные науки. – 2011. - № 136, Т. 4. – С. 191-195.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА КАК ОСНОВНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ НА «ЗАВОДЕ БКУ»

Митриковский А. Я., канд. с.-х. наук, доцент
Филипенко Я. С., магистрант, yana_flk@list.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Данная статья направлена на исследование теоретических аспектов организации промышленной безопасности при производстве продукции, в блочном исполнении для нефтегазовой отрасли на заводе БКУ (блочно-комплектных устройств). В основном работники трудятся в опасных и вредных производственных условиях, что создает проблемы со здоровьем и безопасностью. Проведение специальной оценки условий труда улучшит условия работников на предприятии. Дан обзор современной нормативной и законодательной базе исследования.

Ключевые слова: Специальная оценка условий труда, охрана труда, безопасность производства.

Завод БКУ - это филиал ООО «Уралмаш Нефтегазовое оборудование Холдинг» в Тюмени. Сейчас это один из крупнейших производителей продукции для обустройства нефтегазовых месторождений, объектов энергетики и ЖКХ, а также инженерного и социально-бытового назначения, промышленных предприятий и муниципальных образований.

В зависимости от функционального направления, транспортных схем, условий перевозки продукции, блочно-комплектные устройства как отдельно стоящие, так и с трансформируемыми при монтаже кровлями. Блочно-комплектные устройства массой от 10 до 300 тонн и более доставляются на строительные площадки железнодорожным, автомобильным, водным, а в исключительных случаях – воздушным транспортом. Коллектив завода БКУ участвовал в строительстве практически всех объектов Тюменской области при формировании Западно-Сибирского нефтегазового комплекса. За всю историю завода было изготовлено свыше 57 тысяч единиц блок-боксов производственного и социально-бытового назначения [1].

Процесс производства состоит из нескольких стадий, на каждой из стадий предприятие может понести потери или задержать со сроком сдачи в результате ошибочных действий руководства, работника или негативно-го действия внешней среды. При осуществлении производственной деятельности важным является соблюдение безопасности производства.

На заводе изготавливают детали для блочно-кустовых насосных станций выполненных в виде блок-боксов транспортного габарита, насосные перекачивающие станции, блоки гребёнок–изделия максимальной за-

водской готовности, установки дозирования химреагента, противопожарные насосные станции, блочные автоматизированные котельные. Каждый блок имеет законченный внутренний электромонтаж приборов и оборудования, выполненные с соблюдением габарита погрузки транспорта.

Система управления профессиональной безопасностью и охраной труда должна распространяться на деятельность всех подразделений завода БКУ и внешних организаций, работающих на территории завода, а также посетителей.

Для работ допускаются лица, прошедшие обучение, сдавшие экзамены квалифицированной комиссии и получившие соответствующий разряд. Кроме специального обучения, новый работник прежде чем приступит к своим обязанностям должен поучить вводный инструктаж по безопасным методам работ непосредственно на рабочем месте. Так же инструктаж нужно проводить при каждом переводе на другую работу или объект.

Все работники и посетители должны быть в касках. Рабочее место и проход к нему должен содержаться в чистоте и быть хорошо освещенными.

При выполнении работ на высоте допускаются лица, не страдающие головокружением и другими подобными болезнями. Для страховки используются предохранительные пояса, который должен быть с биркой, где указана дата испытания или предусмотрено специальные ограждения.

Своевременная специальная оценка условий труда (СОУТ) необходима для защиты работников, улучшения их условий труда и повышения безопасности на рабочем месте. СОУТ необходимо проводить на любом предприятии. Она выявляет опасные и вредные производственные факторы, помогает предостеречь от травм [2].

В соответствии с Федеральным Законом № 426-ФЗ от 28.12.2013 "О специальной оценке условий труда" проводится совместно с работодателем и организацией [3].

Работодатель заключает договор с организацией проводящей СОУТ, после этого эксперты организации выезжают на объект осуществляют замеры и проводят идентификацию вредных производственных факторов. Затем, заполняют протокола, проводят анализ данных, расчеты и формируют отчет по СОУТ, по итогу заказчик получает готовый пакет документов. По результатам каждой профессии работающих присваивается класс (подкласс) условий труда. Всего существует четыре класса по степени вредности – это оптимальный, допустимый, вредный и опасный [4].

За проверку контроля соблюдения правил по охране труда на заводе согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 30.07.2004 № 401 "О Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору" следит Ростехнадзор- считается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции согласно выработке также осуществлению общегосударственной политические дея-

тели и нормативно-правовому регулированию в определенной области деятельности, но кроме того в области научно-технического также атомного надзора, функции согласно контролированию и надзору в области не опасного ведения работ, сопряженных с использованием недрами, индустриальной защищенности, безопасности при применении ядерной энергии, защищенности электро и термических конструкций, а также сетей, защищенности гидротехнических сооружений, безопасности производства, сохранения и применение взрывчатых использованных материалов промышленного назначения, но также специализированные функции в сфере общегосударственной защищенности в указанной области [5].

Система службы охраны труда может быть действенной только при комплексном подходе. Надежность системы производственной безопасности обеспечивает высокий уровень её работоспособности и защищённости от внешних и внутренних угроз. Поэтому необходимо проводить оценку рисков производственной безопасности для сведения к минимуму не благоприятных воздействий на промышленном предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завод БКУ : производство блочно- комплектных устройств : [сайт]. – URL : <http://www.zbku.ru/> (дата обращения 10.11.2019). – Текст : электронный.

2. Михайлов, Ю. М. Промышленная безопасность и охрана труда. Справочник руководителя (специалиста) опасного производственного объекта / Ю. М. Михайлов. – Москва : Альфа-Пресс, 2014. - 232 с. – Текст : непосредственный.

3. Российская Федерация. Законы. О специальной оценке условий труда в Российской Федерации : Федеральный закон №426-ФЗ [принят Государственной думой 23 декабря 2013года]. - Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2017. – 40 с. – Текст : непосредственный.

4. Классы условий труда. – Текст : электронный // Служба охраны труда и аттестации рабочих мест : [сайт]. - URL : <http://sotarm.ru/articles/klassy-uslovij-truda/> (дата обращения 10.11.2019).

5. О Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору в Российской Федерации : постановление Правительства РФ № 401 [Утверждено Постановлением Правительства РФ 30 июля 2004 г.]. - Москва : 2017. – 11 с. – Текст : непосредственный.

ПРОБЛЕМА МИНИМИЗАЦИИ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОДВОДНЫЙ ТРУБОПРОВОД

Муравьева Л. В., д-р техн. наук, доцент, rfludmia@yandex.ru.

г. Саратов, Саратовский государственный технический университет им.

Гагарина Ю. А.

Аннотация. Морские месторождения нефти и газа находятся в глубоководных местах, необходимы подводные трубопроводы, работающие в условиях высоких температур и давлений. Подводные трубопроводы в большей степени подвержены перемещениям (смещениям) в боковом, и в осевом направлениях за счет нагрузок, создаваемыми высокими температурами и давлениями. Целью данной статьи является рассмотрение феномена перемещений трубопровода, температурные деформации трубопровод, и оптимизация теплового расширения трубопровода.

Ключевые слова: (волочение) трубопровода, компенсация деформаций, анализ напряжений, подводный трубопровод

Морские трубопроводы, эксплуатируемые при высоких температурах и внутреннем давлении должны рассчитываться на восприятие продольного расширения. Надземный/подземные трубопроводы на суше содержат элементы, компенсирующие продольное тепловое расширение, петли достаточной длины и гибкости. Петли и якоря не выполняются в подводных операциях из-за метода укладки подводных трубопроводов.

Подводные трубопроводы изготавливаются из одного сегмента на борту судна и прокладывают в виде сосуда. Каждый сегмент трубопровода добавляется в морской трубопровод при строительстве. При укладке с судна трубопровод двигает вперед, наращивается по пути к морскому дну. Пролет трубы между судном кормовой частью и морским дном, поддерживаются стрингером. Продольное напряжение передается трубопроводу. Обычно расширение происходит при укладке трубы с баржи при использовании натяжных машин, стрингеров [1].

Распределение теплового расширения осложняется тем, что подводные трубопроводы на мелководье, укладываются на морское дно для обеспечения устойчивости и защиты от повреждения. Установка подводных якорей на концах трубы не экономично. Сдерживание расширения, приводит к увеличению продольной сжимающей силы в трубе.

При высокой температуре трубопроводы испытывают осевое смещение по всей длине трубопровода за несколько циклов запуска/выключения. В течение срока службы трубопроводной системы возникают высокие затраты, связанные со смягчением последствий. Важно отметить, что перемещения (волочение) является потенциальной проблемой в будущем.

Критерии проектирования, предлагаемые для удержания сжимающих сил в требуемых пределах для трубопроводов описаны.

Влияние осевой силы в заглубленной подводной части трубопровода, можно рассмотреть. Согласно Bai [2] внутреннее давление, температурный градиент и отклонение трубы приведут увеличению осевых усилий в незаглубленных подводных трубопроводах. В данном случае формула Ллойда является одной из хорошо известных в определении природных частот. Она включает в себя осевую силу, влияющих на трубопровод, следующим образом:

$$\omega_n = \alpha \sqrt{\frac{EI}{m_e}} \left(1 - \frac{T}{P_E} \right)^{0.5}, \quad (1)$$

где T-осевая сила в трубе (положительна, когда труба под напряжением); P_E нагрузка Эйлера при потере устойчивости.

Расширение или сужение подводного трубопровода вызвано температурой и давлением подаваемого продукта, состоянию окружающей среды. Во время расширения трубопровода возникает сопротивление, от стояка до платформы. Если райзер имеет недостаточную гибкость для поглощения расширения, необходима петля расширения. Она помещается непосредственно перед стояком. Движение подводного трубопровода при расширении [2], на платформах, особенно важно, потому что оно может перенапрягать стояки и изгибы, и привести сужение трубы с самой платформы. Три основные причины для трубопровода расширения и перемещений трубопровода: а) температура (термическая); в) концевые усилия.

Тепловое напряжение возникает в подводном трубопроводе как результат разницы [2] температур при монтаже. Краевой эффект наблюдается при любых кривизнах вдоль подводного трубопровода. Осевые нагрузки возникают от перепада давления по всему трубопроводу.

Напряжение в трубопровод из-за краевого эффекта, приведены в уравнении (2): где ΔP -разница внутреннего давления вдоль стенки трубы; D-внутренний диаметр; E-модуль Юнга. Окружное напряжение и результирующая окружная деформация, вызванные, внутренним давлением создают эффект Пуассона, (2):

$$a_{endcap} = \frac{\Delta P D}{4tE}; \quad (2)$$

Под свободным условием, расширения/деформации из-за эффекта Пуассона рассматриваем:

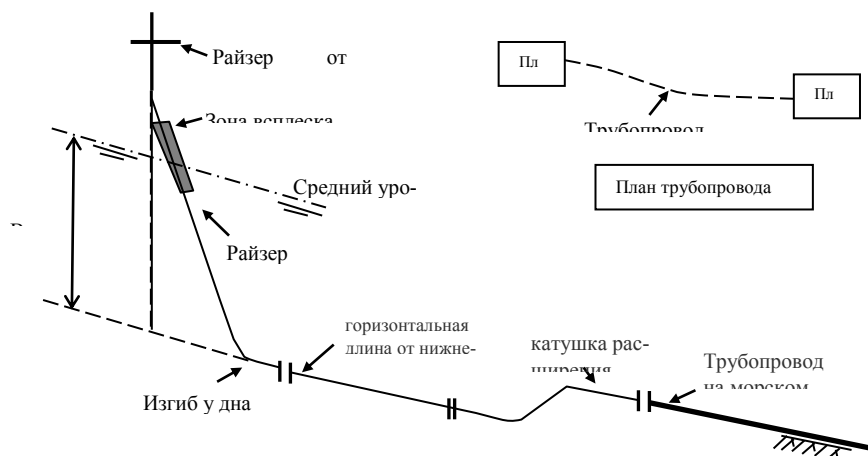


Рис.1. Райзер трубопровода и z образный компенсационный участок

$$\varepsilon_{\text{passion}} = \frac{\vartheta \sigma_H}{E} \quad (3)$$

где ϑ - коэффициент Пуассона; σ_H - кольцевое напряжение.

Управление расширением. Рассмотрим кратко все методы: а) Использование анкерного фланца;

б) усиление райзера; в) труба-в-трубе – выбор этого метода осуществляется только, когда другие варианты не удаются. Способ дорог. Стоимость и длительный процесс изготовления являются недостатками этого метода; г) зигзагообразный трубопровод.

Новые исследования показали, что многофазность поведения потока внутри трубопровода во время выключения и перезапуска трубопровода вызывают перемещения трубопровода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумеров, А. Г. Техническая эксплуатация подводных переходов трубопроводов / А. Г. Гумеров, Х. А. Азметов, Р. С. Гумеров. - Москва : Недра, 2003. - 346 с. – Текст : непосредственный.

2. Bai, Y. Pipelines and risers / Y. Bai. – Direct text // Elsevier ocean engineering. – 2001 - Vol. 5. – P. 750-755.

3. Chopra, A. K. Dynamics of structure theory and application to earthquake engineering / A. K. Chopra. - London : Pearson Education Publication, 2001. – 480 p. – Direct text.

3D-МОДЕЛИ КАК СПОСОБ ОТРАЖЕНИЯ ОБЪЁМНЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ УЧАСТКОВ

Мухаметшина Э. Р., бакалавр, muhametshina.elwina2015@yandex.ru
г. Нижневартовск, филиал Тюменского индустриального университета

Аннотация. Зачастую, на нефтедобывающих предприятиях происходит загрязнение земельных участков нефтью и нефтесодержащими жидкостями. Для восстановления почво-грунтов необходимо проводить рекультивационные мероприятия, которые, в свою очередь, оказываются недостаточно эффективными, т.к. затем долго не удаётся сдать природоохранным службам нефтезагрязнённые земельные участки. Рекультивация, которую осуществляют нефтедобывающие предприятия, проводится практически «вслепую», т.к. нет точных пространственно-временных параметров частей участков, их локализации и объёмной динамики некоторых лимитирующих факторов. Для решения данной проблемы мы предлагаем методику создания трёхмерных и объёмных представлений параметров нефтезагрязнённого участка, позволяющие сделать более адекватную и точную оценку, открывающие возможность рассчитать и определить качественные и количественные данные предстоящих рекультивационных работ.

Ключевые слова: рекультивация, нефтезагрязнённый земельный участок, 3D-модели, нефтепродукты, хлориды, кислотность, эффективная рекультивация, таблицы по объёмному содержанию нефтепродуктов, хлоридов и концентрации кислотности.

Цель нашей работы заключается в создании методики представления параметров нефтезагрязнённого участка в трёхмерном и табличном виде для более точной оценки, позволяющей провести эффективную рекультивацию, после которой можно было бы сдать участки природоохранным службам.

Применение предлагаемой нами методики покажем на примере нефтезагрязнённого земельного участка Самотлорского месторождения под условным регистрационным номером 2.7.2598 (рис.1).

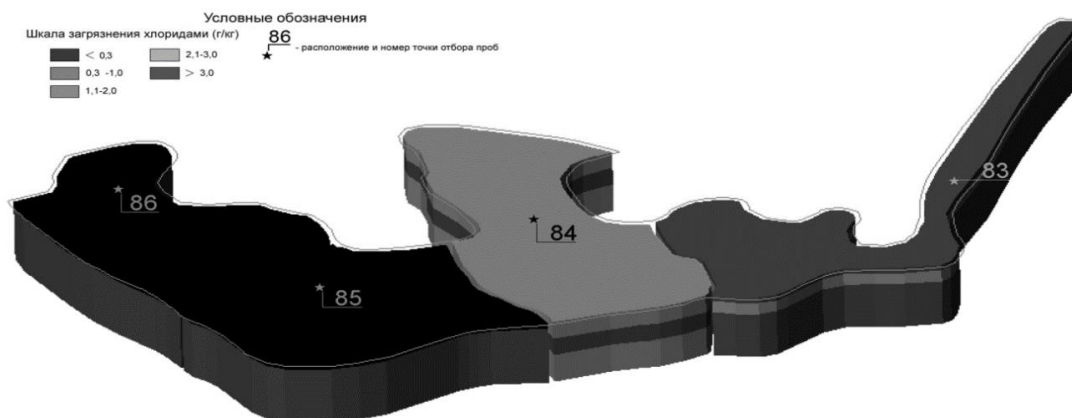


Рис. 1. Трёхмерная модель загрязнения хлоридами участка 2.7.2598

Пространственные параметры исследуемого участка позволяют наглядно представить общие площадь и объём участка, а также его выделов и парцелл.

Число парцелл в границах выдела одного участка не превышает 4, нижняя парцелла располагается не глубже 2,0 м (в нашем случае 1,1 м). Для рекультивации доступны верхние три парцеллы почво-грунта: а) - 0-10 см, б) - 10-30 см, в) - 30-60 см; г) - 60-110 см (малодоступен) (таблица 1).

Таблица 1

Пространственные параметры участка № 2.7.2598

Точка	Площадь зоны, м ²	Объём слоев, м ³				Всего, м ³
		слой а (0,1м)	слой б (0,2м)	слой в (0,3)	слой г (0,5м)	
83	1344,172	134,417	268,834	403,252	672,086	1478,589
84	1749,206	174,921	349,841	524,762	874,603	1924,127
85	1498,700	149,870	299,740	449,610	749,350	1648,570
86	1410,145	141,014	282,029	423,043	705,072	1551,158
ИТОГО	6002,223	600,222	1200,444	1800,667	3001,111	6602,444

Затем составляются таблицы по объёмному содержанию остатков нефтепродуктов, хлоридов и концентрации кислотности (таблица 2).

Таблица 2

Объёмное содержание хлоридов в почво-грунтах участка № 2.7.2598

Точка	Объём остатков нефтепродуктов, м ³				Всего
	а	б	в	г	
83	-	-	-	-	-
84	-	-	-	-	-
85	-	-	-	-	-
86	-	-	1,049(2,48)	1,586(2,25)	2,609
ИТОГО	-	-	1,049(2,48)	1,586(2,25)	2,609

Аналогичные трёхмерные модели и таблицы шкалирования были созданы и для показателей содержания хлоридов и концентрации рН в почво-грунтах загрязнённого участка. Создание 3D-моделей осуществлялось в трёхмерной системе автоматизированного проектирования и черчения АвтоКад 2017.

Вывод. Созданные нами трёхмерные модели и таблицы по объёмному содержанию нефтепродуктов, хлоридов и концентрации кислотности помогают сократить финансовые расходы на проведение рекультивационных мероприятий. Т.е. если раньше рекультивация проводилась почти «вслепую», то теперь этот процесс значительно улучшился. 3D-модели и шкалы по цветным показателям выбранных нами лимитирующих факторов помогают в цвете отразить парцеллы участка, на которых необходимо провести те или иные виды рекультивационных работ или на которых вмешательство со стороны человека не нужно, т.е. восстановление фито- и биоценоза происходит само по себе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аитов, И. С. Типичные виды негативных воздействий на лицензионных участках нефтедобывающих компаний в районе кустовых площадок / И. С. Аитов, Е. Н. Козелкова, Э. А. Кузнецова. – Нижневартовск : Югорский, 2006. – 176 с. – Текст : непосредственный.

2. Добринский, Л. Н. Экология Ханты-Мансийского автономного округа / Л. Н. Добринский, В. В. Плотников. – Тюмень : СофтДизайн, 1997. – 288 с. – Текст : непосредственный.

3. Лопатин, К. И. Состояние окружающей среды и природных ресурсов в Нижневартовском районе в 2003-2005 гг. / К. И. Лопатин. – Нижневартовск : Югорский, 2006. – 138 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Аитов. И. С., канд. геогр. наук, доцент.

УДК 665.6-049.5

ПОВЫШЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Палладина Я. А., магистрант, Yanapallada@mail.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. Актуальность. Нефтяная и газовая промышленность развиваются с каждым годом, а вместе с ними не стоят на месте и технологии, применяемые в этих отраслях. Они становятся более разнообразными и усложненными. И в соответствии с этим, вопрос обеспечения промышленной безопасности остро стоит на подобных производственных объектах. Методы. Для того чтобы найти рациональный подход для обеспечения промышленной безопасности, необходима работа с различными методическими указаниями с применением уникальных показателей, коэффициентов, отражающих неповторимость каждого объекта в различных отраслях и специализациях. Результаты. Данный подход к различным факторам поможет более достоверно определить первоочередные параметры, необходимые для обеспечения промышленной безопасности. Выводы. Для выполнения предложенных методических указаний, необходимы некоторые изменения в существующей нормативной базе.

Ключевые слова: методические указания, статистика, безопасность, опасный производственный объект.

Согласно ежегодной статистике Ростехнадзора систематически происходят аварийные ситуации, связанные с несоблюдением технологического регламента, недостаточной квалификацией персонала, устареванием производственных фондов, нарушением работы контрольно – измеритель-

ных приборов, воздействием внешних факторов. Работа технологических установок происходит под воздействием напряжения, высоких температур, избыточного давления и обращения взрывопожароопасных веществ внутри установки [1].

Вероятность возникновения утечки нефтепродукта высока. Растекание может произойти из – за образовавшихся коррозионных отверстий, негерметичности фланцевых соединений. Развитие такой аварии усложняется тем, что для работы установки может использоваться электрическое напряжение. При сбоях технологического режима есть вероятность возникновения короткого замыкания или других опасностей, связанных с применением электричества, которое в совокупности с возможностью образования взрывоопасных смесей способно привести к взрыву, что, в свою очередь, может привести к значительным разрушениям и человеческим жертвам [2].

Вероятность возрастания аварий, чрезвычайных ситуаций и несчастных случаев на подобных предприятиях с каждым годом увеличивается. Разгерметизация сварных швов, фланцевых соединений или коррозионного износа – все это способствует развитию пожаров и взрывов [3].

В производственной деятельности не существует мелочей – любые, малейшие недостатки, в итоге приводят к серьезным техническим происшествиям. Соответственно, возрастает риск возникновения на таких опасных производственных объектах и глобальных катастроф, которые могут повлечь за собой гибель большого количества людей в рамках предприятия и селитебной зоны, а также необратимые негативные последствия, влияющие на окружающую среду. Исходя из этого, следует, что требуются новые подходы для обеспечения промышленной безопасности [4].

Нормативно – правовая база включает в себя множество документов. Каждый документ несет большое количество информации, а также содержит множество нюансов, не всегда однозначно отражающих те или иные моменты и двусмысленно понимаемых специалистами различных сфер. Для проведения комплексной оценки состояния промышленной безопасности, рационально применять методические указания, которые позволяют получать количественные показатели. При разработке таких методик необходимо учитывать то, что предприятия, входящие в одну отрасль, имеют ограниченную специализацию. Поэтому для оценки состояния промышленной безопасности следует применять показатели, связанные с конкретным направлением рассматриваемого объекта [5].

Использование расчетов для конкретных областей деятельности поможет получить достоверные, реальные данные для будущего использования.

Для такого понятия, как безопасность, могут быть комплексные подходы и решения, показатели и модели. Но не существует универсального подхода по безопасности для всех стадий производства [6].

Необходимо совершенствовать промышленную безопасность опасных производственных объектов и, самое основное, соблюдать все ее требования.

Применение предложенного метода может позволить повысить уровень безопасности, значительно снизить ущерб от возможных аварийных ситуаций, сохранить здоровье людей, а также обеспечить экологическую безопасность окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ростехнадзор : Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору : [сайт]. – URL : <http://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 01.11.2019). – Текст : электронный.

2. Закирова, З. А. Снижение вероятности развития аварийных ситуаций, связанных с коррозионным износом нефтегазового оборудования / З. А. Закирова, Я. А. Палладина. – Текст : непосредственный // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2019. - № 1. - С. 126-136.

3. Анализ отечественного и зарубежного опыта исследований в области безопасного проектирования и эксплуатации технологических объектов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств / Н. Х. Абдрахманов, В. П. Матвеев, А. С. Ницета [и др.] – Текст : непосредственный // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. - 2015. - Т. 15, № 1. - С. 162-164.

4. Современные технологии для проведения производственного контроля, повышающие уровень промышленной безопасности на объектах нефтегазовой отрасли / Р. А. Кускильдин, Н. Х. Абдрахманов, З. А. Закирова [и др.]. – Текст : непосредственный // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2017. - Т. 108, № 2. - С. 111-120.

5. Федосов, А. В. Применение инструментов технического регулирования в области промышленной безопасности / А. В. Федосов, А. С. Гусева, А. П. Юдин. – Текст : непосредственный // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2019. - № 3. - С. 139 -149.

6. Оценка и обеспечение безопасности эксплуатации нефтегазопроводов в условиях нестационарности технологических параметров / З. Х. Павлова, Х. А. Азметов, Н. Х. Абдрахманов, А. Д. Павлова. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2018. - Т. 329, № 1. - С. 132-139.

КИНЕТИКА АДСОРБЦИИ ИОНОВ КАДМИЯ НА КАОЛИНИТА

Пимнева Л. А., д-р хим.наук, профессор, зав.кафедрой Общей и специальной химии, pimnevala@tyuiu.ru

Искакова А. И., магистрант, alina-mickey@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Целью работы является исследование кинетических свойств каолинита по отношению к ионам кадмия.

Ключевые слова: адсорбция, каолинит, ионы кадмия, кинетика

Глинистые минералы в настоящее время находят все большее применение в качестве природных сорбентов. Они обладают выраженными ионно-обменными свойствами, высокой удельной поверхностью определяющими их повышенную адсорбционную способность, дешевые по стоимости. Представителем таких глинистых минералов является каолинит. Каолинит имеет двухслойную структуру, в которой на один слой кремнекислородных тетраэдров приходится один слой алюмогидроксидных октаэдров [1], слои каолинита прочно связаны друг с другом посредством водородных связей. Кристаллическая решетка жесткая, расстояния между пакетами постоянное и равно 0,4 нм, поэтому процесс адсорбции будет проходить только на поверхности кристалла.

Целью работы является исследование кинетических свойств каолинита по отношению к ионам кадмия.

Кадмий – один из самых токсичных тяжелых металлов и поэтому Российским СанПиНом он отнесен ко 2-му классу опасности – «высокоопасные вещества». Мониторинг состояния водных ресурсов по Тюменской области показал превышение предельно допустимых концентраций у таких загрязняющих веществ: марганца, кадмия, никеля, меди и др.), нефтепродукты, фенол, аммонийный и нитратный азот. В связи с этим очистка сточных вод от ионов кадмия является актуальной.

В работе исследовали адсорбцию ионов кадмия на каолините. Рентгенофазовым анализом было установлено, что используемый адсорбент на 98% состоит из каолинита и 2% гидрослюд.

Исследование кинетики проводили при температуре от 25 до 60 °С с использованием термостата.

Для извлечения ионов кадмия из природных и сточных вод необходимо знать оптимальные условия и сведения по кинетическим параметрам.

Исследование кинетики адсорбции ионов кадмия необходимо начать с получения интегральных кривых адсорбции. На рисунке 1 представлены кинетические зависимости адсорбции ионов кадмия от времени.

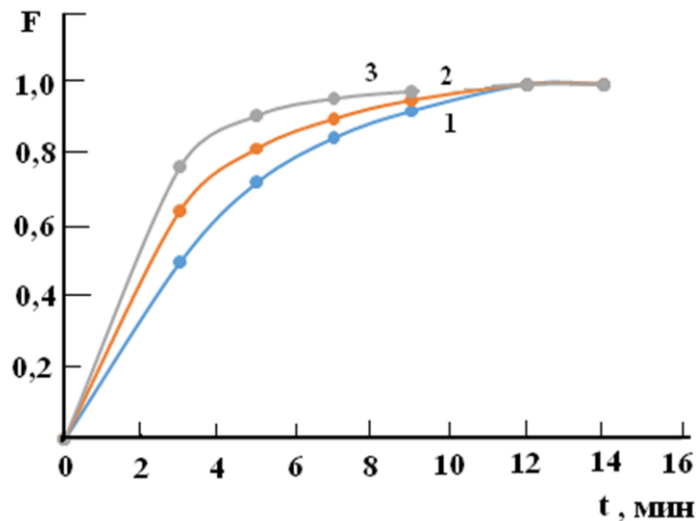


Рис. 1. Кинетические кривые адсорбции ионов кадмия на каолините при температуре, °С: 25(1), 40(2) и 60(3)

Из рис. 1 видно, что адсорбционное равновесие наступает через 8 мин (60 °С), 12 мин (45 °С) и 15 мин (25 °С), т.е. с увеличением температуры процесса тем меньше времени затрачивается на адсорбционное равновесие.

Процесс адсорбции является многостадийным процессом: 1) перенос ионов из глубины потока раствора к внешней поверхности пограничной жидкой пленки, окружающей поверхность частицы адсорбента; 2) диффузия ионов через пограничный слой; 3) переход иона через границу раздела фаз на поверхность частицы адсорбента к обменным катионам; 4) химическая реакция двойного обмена ионов раствора и адсорбента; 5) диффузия обменных ионов с поверхности частицы адсорбента к границе раздела фаз; 6) переход обменных ионов через пленку; 7) диффузия обменных ионов в глубь потока жидкости.

Скорость процесса адсорбции рассчитывается с помощью уравнения [2, 3]:

$$\frac{dC}{dt} = K(C_t - C_\infty) \quad (1)$$

или в интегральной форме:

$$\ln(C_t - C_\infty) = \ln(1 - F) = -Kt, \quad (2)$$

где C_t и C_∞ - концентрации частиц в растворе в момент времени (t) и после установления адсорбционного равновесия соответственно, мг/л; $C_t / C_\infty = F = Q_1 / Q_2$ - безразмерная величина, характеризующая степень достижения адсорбционного равновесия; K - константа скорости реакции, .

Из уравнения (2) следует, что зависимость $\ln(1 - F) = f(t)$, представляющая прямую линию, указывает на внешнедиффузионный характер адсорбции, который наблюдается в течение первых 10 минут [4].

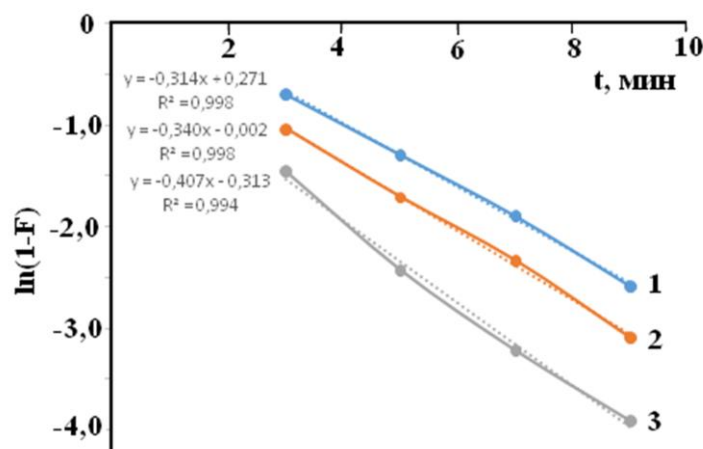


Рис. 2. Зависимость $\ln(1 - F)$ от времени t для сорбции ионов кадмия на каолините при температуре, °C: 25(1), 45(2), 60(3)

По тангенсу угла наклона прямой линии (рис. 2) определяется величина константы скорости процесса сорбции. Значения констант скоростей при температуре, °C: 25 (0,34), 313(0,35), 333(0,44).

Установлено, что константы скорости ионов кадмия увеличиваются с ростом температуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова, Е. С. Структура и сорбционные свойства Н-формы глины Луковского месторождения Псковской области / Е. С. Иванова, Ю. Ю. Гавронская, В. Н. Пак. – Текст : непосредственный // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2014. – Т. 14. – Вып. 2. – С. 254 – 259.

2. Никифоров, А. Ф. Межфазные переходы в адсорбционных процессах : учебное пособие / А. Ф. Никифоров, Л. В. Василенко, Т. В. Лобухина. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ; УГЛТУ, 2010. – 186 с. – Текст : непосредственный.

3. Марков, В. Ф. Исследование ионообменных свойств композиционного сорбента на основе катионита КУ2х8 и гидроксида железа (III) по отношению к ионам меди (II) / В. Ф. Марков, Е. В. Иканина, Л. Н. Маскаева. - Текст : непосредственный // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2010. – Т. 10, Вып. 6. – С. 830 – 839.

4. Марков, В. Ф. Извлечение меди (II) из промышленных стоков с помощью композиционного сорбента сильнокислотный катионит – гидроксид железа. / В. Ф. Марков, Н. И. Формазюк, Л. Н. Маскаева. – Текст :

УДК 541.183

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЦИНКА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПРИРОДНЫМ КАОЛИНИТОМ

Полещук И. Н., канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры «Общая и специальная химия», poleschukin@tyuiu.ru

Учаева Д. К., бакалавр, U4aevadasha@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Цинк как и другие тяжелые металлы является токсичным элементом, содержание которого ухудшает санитарное состояние воды. Проблема очистки воды перед ее использованием является актуальной. Для этих целей используются различные методы, одним из которых является - сорбционный. В представленной работе объектом исследования является природный сорбент – каолинит, который встречается во многих районах Тюменской области. Минерал различается по своему химическому составу, поэтому в работе приведен состав каолинита, который исследовался методом электронной микроскопии. Сорбционная способность каолинита изучалась при различных температурах в статических условиях. Начальную и равновесную концентрацию ионов цинка в растворах определяли методом комплексонометрического титрования. На основе вычисленных величин адсорбции для ионов цинка были построены изотермы Ленгмюра, которые характеризуют сорбционные свойства исследуемого сорбента и описывают характер сорбции катиона исследуемого металла. Проведен расчет степени извлечения катионов цинка в сорбционном методе очистки растворов. Проведенные исследования позволяют рекомендовать каолинит для очистки водных растворов от катионов цинка.

Ключевые слова: природный сорбент, изотермы сорбции, статические условия, катионы цинка, степень извлечения, каолинит.

Катионы тяжелых металлов, к которым относится цинк, являются токсичными и опасными компонентами для биосферы [1, 2]. При попадании в водоемы, данные ионы ухудшают санитарное состояние воды. Из этого следует, проблема очистки природной воды перед ее использованием является актуальной. Извлечения ионов тяжелых металлов сорбционным методом является одним из перспективных и эффективных способов очистки [3, 4]. Недра Тюменской области богаты природными сорбентами, которые имеют различный химический и минералогический состав. В связи с этим актуальны исследования неорганических сорбентов, которые ведутся на кафедре общей и специальной химии строительного института ТИУ [5, 6]. В работе исследовалась сорбционная способность природного сорбента - каолинита к ионам цинка. Химический состав каолинита опре-

делялся с помощью электронной микроскопии. Результаты анализа показали, что в состав исследуемого сорбента входит 53% диоксида кремния, 29% оксида алюминия, 2,27% оксидов калия и натрия, 4,92% оксид кальция и 11,5% оксидов железа. Сорбционную способность каолинита к катионам цинка исследовали методом переменных концентраций при различных температурах: 25, 45 и 60 °С. Исходное и остаточное содержание ионов цинка в растворах определяли комплексонометрическим титрованием [7]. По изотерме сорбции можно получить данные о сорбционной способности каолинита (рис.1).

По классификации изотерм Гильса и Смита [8] полученные нами изотермы относятся к типу «С-2», для которых начальный участок изотермы является линейным. Такие изотермы характерны для микропористых сорбентов. При небольших концентрациях ионов цинка изотермы поднимаются резко вверх, что характеризует насыщение сорбента в данных условиях. Кроме изотерм были рассчитаны степени извлечения (α , %) ионов цинка из модельных растворов. На рис. 2 представлены графические зависимости α от концентрации модельных растворов при различных температурах: 25, 45, и 60 °С.

На представленных кривых прослеживается обратная зависимость степени извлечения катионов цинка (Π) от концентрации. Это вероятно связано с увеличением ионной силы растворов, а как следствие с уменьшением свободных ионов цинка в растворе и уменьшением степени адсорбции. Уменьшение происходит в пределах 47 – 18 % (при 25 °С); 59 – 20 % (при температуре 45 °С); 65 – 23 % (при температуре 60 °С).

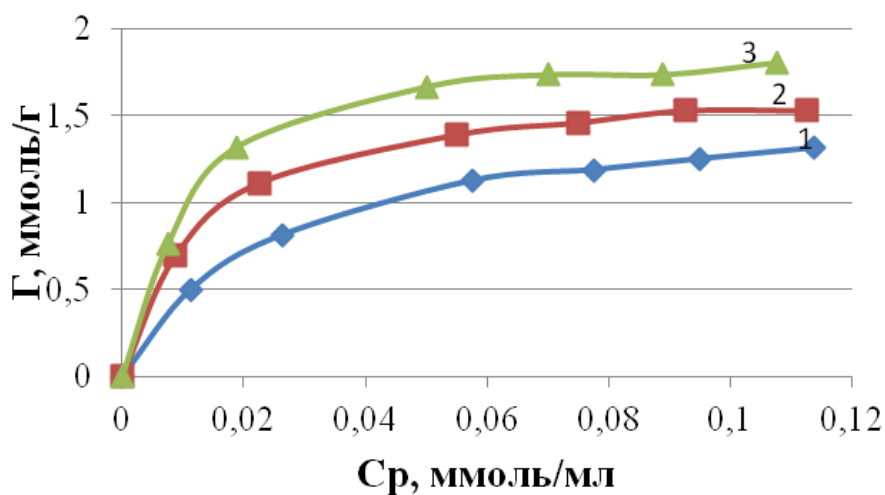


Рис. 1. Изотерма адсорбции катионов цинка на каолините при различной температуре, °С: 25 (1), 45 (2), 60 (3).

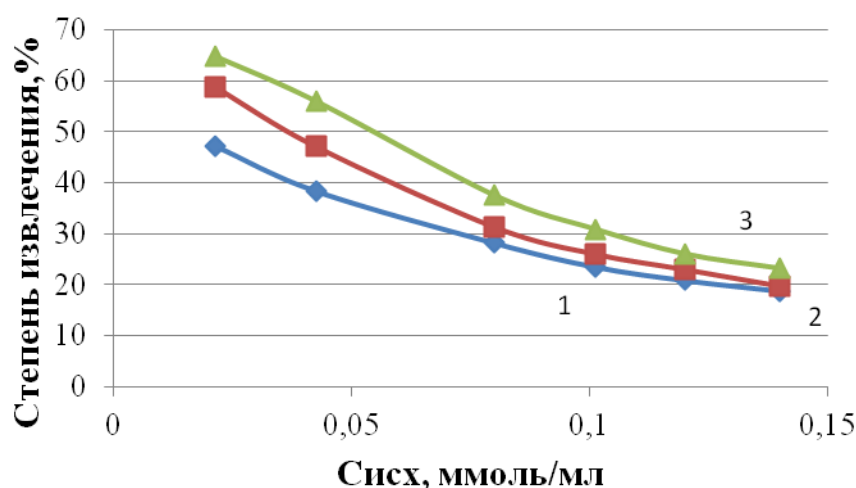


Рис. 2. Степень извлечения катионов цинка на каолините в зависимости от концентрации исходных растворов при различной температуре, °С: 25 (1), 45 (2), 60 (3).

Таким образом, исследованный каолинит проявляет сорбционные свойства к ионам цинка (II). С увеличением концентрации растворов сорбция увеличивается, а степень извлечения уменьшается. Изотермы сорбции ионов цинка (II) в широком интервале концентраций подчиняются уравнению Ленгмюра. Проведенные исследования позволяют рекомендовать каолинит для очистки водных растворов от цинка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скороходов, В. Ф. Решение проблемы очистки сточных вод промышленных предприятий от многокомпонентных загрязнений / В. Ф. Скороходов, С. П. Месяц, С. П. Остапенко. – Текст : непосредственный // Горный журнал. - 2010. - № 9. - С. 106-108.
2. Водяницкий, Ю. Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах / Ю. Н. Водяницкий. – Москва : Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2009. – 180 с. – Текст : непосредственный.
3. Глушко, Е. В. Малоотходная ионообменная технология очистки гальваносточков от ионов цинка / Е. В. Глушко, В. М. Радовенчик, Я. В. Радовенчик. – Текст : непосредственный // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 2006. - № 5. - С. 60-63.
4. Алыков, Н. М. Сорбционное удаление из воды ионов тяжелых металлов / Н. М. Алыков, А. В. Павлова., Нгуэн Кхань Зуй. – Текст : непосредственный // Безопасность жизнедеятельности. - 2010. - № 4. - С. 17-20.
5. Пимнева, Л. А. Исследование сорбции ионов меди (II) природным сорбентом / Л. А. Пимнева, А. А. Лебедева. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. - 2016. - № 12. - С. 329 - 333.

6. Пимнева, Л. А. Модифицированные формы каолинита для извлечения ионов меди из природных и сточных вод / Л. А. Пимнева, О. В. Андреев. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. - 2018. - № 5. - С. 13-17.

7. Шварценбах, Г. Комплексометрическое титрование / Г. Шварценбах, Г. Флашка. – Москва : Химия, 1970. – 360 с. – Текст : непосредственный.

8. Парфит, Г. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / Г. Парфит, К. Рочестер. – Москва : Мир, 1986. – 126 с. – Текст : непосредственный.

УДК 628.474

СЖИГАНИЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Семибратова А. С., бакалавр, semibratova1998@bk.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены преимущества и недостатки одного из способов переработки твердых коммунальных отходов для обеспечения экологической безопасности населения и предотвращения дефицита энергоресурсов.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, сжигание отходов, альтернативные источники энергии, экологическая безопасность.

Необходимость энергосбережения и снижения загрязнения окружающей среды заставляет более рационально использовать традиционные энергоресурсы, а также искать другие, желательные недорогие и возобновляемые, источники энергии, к которым в последнее время все чаще относят твердые коммунальные отходы (ТКО). Твердые коммунальные отходы, которые образуются в большом количестве, не находят применения и загрязняют экологическую среду, являются возобновляемыми вторичными энергетическими ресурсами. Применение ТКО в сфере энергетики одновременно позволяет решать актуальные проблемы загрязнения окружающей среды урбанизированных территорий и получения дополнительных источников энергии.

Как известно, подавляющая масса ТКО в мире пока складывается на мусорных свалках, стихийных или специально организованных в виде «мусорных полигонов». Однако это самый неэффективный способ борьбы с твердыми коммунальными отходами, так как мусорные полигоны, зани-

мающие огромные территории часто плодородных земель и характеризующиеся высокой концентрацией углеродосодержащих материалов (резина, дерево, бумага, пластик, полиэтилен), часто горят, загрязняя окружающую среду выделяющимися газами. Кроме того, мусорные полигоны являются источниками загрязнения как поверхностных, так и подземных вод за счет дренажа свалок атмосферными осадками [1].

Рассмотрим процесс сжигания отходов как один из способов переработки ТКО, который позволяет не только уменьшать количество полигонов для захоронения мусора, но и является одним из способов получения энергетических ресурсов [4].

Сжигание – это широко распространённый способ уничтожения твердых коммунальных отходов, который обширно применяется с конца 20 века. Сложность непосредственной утилизации ТКО обусловлена, с одной стороны, их исключительной многокомпонентностью, с другой – повышенными санитарными требованиями к процессу их переработки. В связи с этим сжигание до сих пор остается наиболее распространенным способом первичной обработки коммунальных отходов. Основной идеей процесса сжигания отходов, помимо снижения их объема и массы, является получение дополнительных энергетических ресурсов, которые могут быть использованы для централизованного отопления и производства электроэнергии, а также экологических чистых материалов с точки зрения переработки и дальнейшего применения [2]:

- получение биогаза с помощью внедрения так называемой анаэробной ферментации (расщепление органических веществ без участия кислорода и воздуха);

- получение биогаза из отходов вторичного топлива, что позволяет перерабатывать большие массы твердых коммунальных отходов с принципиальной пользой для промышленности страны.

К числу недостатков этого способа относятся уничтожение ценных органических и других компонентов, содержащихся в составе коммунальных отходов, а также выделение в атмосферу вредных веществ. Конечно, в современных заводах установлены специальные фильтры, которые улавливают газы, но полностью справиться с этой проблемой они не могут.

Для того чтобы решить проблему выделения вредных веществ в атмосферу, сжигание отходов можно заменить компостированием. При данном способе утилизации отходы помещаются в специальные биотермические установки (барабаны) и с применением особой совокупности микроорганизмов компостируются. За короткое время те разлагают отходы, выделяя вместе с тем большое количество тепловой энергии, продуктами жизнедеятельности которых являются биогаз и компост. Биогаз может служить заменой природному газу, а компост применяться для повышения плодородия почвы.

Стоит отметить, что одним из лидеров в области экологических инициатив является Швеция. В Швеции вторично перерабатывается 50,6% отходов, для производства энергии сжигается 48,6%, и только 0,8% отправляется на полигоны [3]. В то время как в России, согласно оценкам экспертов, технологий по переработке отходов в электроэнергию нет. В нашей стране пока только планируется развивать строительство мусоросжигательных заводов, которые будут превращать ворох мусора в электрическую и тепловую энергию для потребителей [5].

В наибольшей степени современным требованиям экономики, экологической безопасности, ресурсо- и энергосбережения является организация комбинированного производства, обеспечивающего обезвреживание коммунальных отходов и их использование в качестве дополнительного источника энергии и вторичного сырья.

Для обеспечения экологической безопасности населению всем странам мира необходимо не только усовершенствовать технологии способов утилизации отходов, но и перенимать друг у друга опыт по обращению с твердыми коммунальными отходами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А. В. К вопросу о системном обеспечении экологической безопасности в условиях современного города / А. В. Васильев, Л. А. Васильева. – Текст : непосредственный // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2016. - Т. 5. - № 2. - С. 363-368.

2. Рябчиков, Р. В. Твердые бытовые отходы как источник дополнительной энергии на земле / Р. В. Рябчиков, В. М. Степанов. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 6. – С. 38-41.

3. Пахомов, М. А. Современный опыт энергосбережения зарубежных стран / М. А. Пахомов. – Текст : электронный // Прикладные науки и технологии. – 2019. – № 1. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/v/sovremennyy-opyt-energoberezheniya-zarubezhnyh-stran> (дата обращения: 13.11.2019).

4. Андросова, Н. К. Сравнительный анализ зарубежного и российского опыта в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами / Н. К. Андросова, А. А. Ежова. – Текст : электронный // Общие и комплексные проблемы естественных и точных наук. – 2013. – Т. 13. – № 3. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/v/sravnitelnyy-analiz-zarubezhnogo-i-rossiyskogo-opyta-v-sfere-obrascheniya-s-tverdymi-bytovymi-othodami> (дата обращения: 13.11.2019).

5. Воздвиженская, А. Ищут пути к отходам / А. Воздвиженская. – Текст : электронный // Российская газета. – 2016. – № 61 (6929). – URL : <https://rg.ru/2016/03/23/v-rf-budut-stimulirovat-sozdanie-zavodov-delaiushchih-energiiu-iz-musora.html> (дата обращения: 13.11.2019).

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ КАМЫНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Сивков Ю. В., канд. биол. наук, доцент, tumen_sivkov@mail.ru

Куцеева М. Д., магистрант, kutseva96@mail.ru

Петришен И. В., магистрант, petrishen.igor@rambler.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Недопущение возникновения аварийных ситуаций на производственных объектах является главной задачей эксплуатации опасного производственного объекта. Целью работы является выявление опасных производственных процессов и рассмотрение мероприятий по их снижению. Результатами работы показывают возможные аварийные ситуации и возможность их предотвращения. Соблюдение требований и мероприятий по обеспечению безопасности на месторождении приведет к минимизации возникновения аварий.

Ключевые слова: безопасность, месторождение, мероприятия.

На Камынском нефтяном месторождении осуществляется сбор сепарация и обезвоживание поступающей с кустов скважин газо-водонефтяной эмульсии, и откачка сырой нефти с остаточным содержанием газа и воды по системе существующих нефтепроводов. На очистных сооружениях осуществляется подготовка, предварительно сброшенной пластовой воды и её подача для закачки в пласт.

Газ после сепарации используется на собственные нужды и подается в газопровод внешнего транспорта.

Опасными веществами, обращающимися на месторождении, являются нефть и попутный нефтяной газ (основным компонентом которого является метан), химический реагент – деэмульгатор. Токсические действия деэмульгаторов определяются наличием метанола и ксилола. Данные вещества обладают огнеопасными, взрывоопасными, токсичными свойствами, требующими особых мер предосторожности.

Основными способами снижения вредного воздействия попутного нефтяного газа и нефтепродуктов являются герметизация технологических процессов и принудительная вентиляция помещений для снижения концентрации паров и газов в воздухе рабочей зоны [1, 2].

Площадка месторождения, где осуществляется производственный процесс, является сложной технической системой, для которой, присуще наличие множества опасностей, определяемых на основе анализа совокупности показателей рисков, выявленных при анализе нежелательных событий.

Неправильная организация технологического процесса или несоблюдение требований безопасности, старение металла и изменение свойств во времени – объективный процесс, присущие любому объекту и могут спровоцировать развитие аварии [3]. Наиболее значимыми причинами и факторами, способствующими возникновению и развитию аварийных ситуаций, являются [4, 5]:

- наличие больших масс нефти и газа, в связи с повышением технологических нагрузок и параметров (давлений, температур, мощностей, напряжений, скоростей и т.д.);

- отказы технологического оборудования (локальные утечки через фланцевые соединения, сварные швы, запорную арматуру и т.д. при несвоевременной локализации могут привести к развитию аварийной ситуации, полному разрушению оборудования и выбросу больших количеств опасных веществ);

- отклонение от технологического регламента (например, отказ энергосистемы и т.п.);

- неисправность систем предупредительной и аварийной сигнализации, автоблокировок, прекращение подачи электроэнергии;

- брак при выполнении строительно-монтажных и ремонтных работ;

- некачественная или нарушенная антикоррозионная изоляция способствует развитию коррозионных процессов наружной поверхности трубопровода;

- ошибки производственного персонала при ведении технологического процесса (наиболее опасными технологическими операциями с точки зрения возникновения крупной аварии являются операции, связанные с пуском и остановкой технологического оборудования, очисткой оборудования от пирофорных отложений, профилактическими и ремонтными работами).

К основным причинам, связанным с отказами оборудования, относятся: прекращение подачи энергоресурсов; коррозия и эрозия оборудования и трубопроводов; физический износ, механические повреждение или деформация оборудования; причины, связанные с типовыми процессами [6].

К внешним воздействиям природного и техногенного характера можно отнести: грозовые разряды и разряды от статического электричества; воздействие строительной техники; снежные заносы и аномальное повышение (понижение) температуры воздуха; землетрясения, разломы, попадание оборудования в зону действия поражающих факторов аварий, происшедших на соседних объектах; преднамеренные действия (диверсии) [7].

На месторождении предусмотрены технические решения по предупреждению аварий:

- резервуар для аварийного хранения нефти;

- байпасные линии для отключения аварийного оборудования;
- стационарная система пенотушения;
- пожарная насосная станция только для подачи воды на внутреннее пожаротушение операторной;
- пожарно-охранная сигнализация;
- для снижения воздействия на окружающую природную среду в результате аварий имеются специальные цеха по ремонту и ликвидации последствий аварий.

Таким образом, при соблюдении требований безопасности на месторождении возможность возникновения аварий будет минимальна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Омельчук, М. В. Обеспечение промышленной безопасности при разработке и эксплуатации месторождений нефти и газа / М. В. Омельчук, Ю. В. Сивков. – Текст : непосредственный // Новые технологии нефтегазовому региону : материалы Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Т. 1. – Тюмень, 2015. – С. 22-23.

2. Шеломенцева, И. В. Промышленная безопасность опасных производственных объектов / И. В. Шеломенцева, И. И. Коломийчук, А. А. Старосенко. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2007. – 405 с. – Текст : непосредственный.

3. Оценка риска аварий на магистральных нефтепроводах КТК-Р и БТС / Ю. А. Дадонов, М. В. Лисанов, А. И. Гражданкин [и др.]. – Текст : непосредственный // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 6. – С. 2-6.

4. Разработка вопросов безопасности в проектах : учеб. пособие / В. Г. Парфенов, Ю. В. Сивков, А. С. Никифоров, С. В. Александров. – Тюмень : ТИУ, 2018. – 78 с. – Текст : непосредственный.

5. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков. – Изд. 3-е, испр. и доп. – Москва : Высшая школа, 2001. – 485 с. – Текст : непосредственный.

6. Коберра, В. К. Техническая инструкция по безопасности работ в нефтегазовой отрасли / В. К. Коберра. – Москва : «Недра», 2001. – 360 с. – Текст : непосредственный.

7. Иванцов, О. М. Надежность и безопасность магистральных трубопроводов в России / О. М. Иванцов – Текст : непосредственный // Трубопроводный транспорт нефти. – 1997. – № 10. – С. 26-31.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГРУНТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ НЕФТИ

Сивков Ю. В., канд. биол. наук, зав. кафедрой ТБ, tumen_sivkov@mail.ru,
Зубченко П. А., магистрант, polinochka.pechenkina@mail.ru,
Возжаев В. А., магистрант, voz1996@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В работе рассмотрена классификация, степень загрязнения грунтов и фитоценозов в результате разлива нефти.

Ключевые слова: рекультивация, грунты, разлив нефти, нефтяное загрязнение, месторождение.

Для проведения оценки нарушенности биогеоценозов в местах нефтяных разливов необходимо перед началом восстановительных работ определится со степенью загрязнения грунта. В зависимости от типа, глубины пропитки и количественного содержания нефти в грунтах, в рамках изучаемого месторождения нефти, можно установить следующую классификацию грунтов по степени их загрязнения, представленную в таблице 1.

Таблица 1

Классификация грунтов по степени их загрязнения нефтью

Глубина пропитки, см	Содержание нефти, г/кг			Степень загрязнения
	Органогенные грунты	Органо-минеральные грунты	Минеральные грунты	
Любая	100	50	30	Низкая
20см	100-250	50-150	30-100	Умеренная
20см	100-250	50-150	30-100	Высокая
3см	250	150	100	Умеренная
3см	250	150	100	Высокая

Низкая степень. Нефтяное загрязнение, характеризующееся содержание нефти в грунте менее 10 %, встречается редко, в основном это участки, загрязненные при фонтанировании нефти из разорванных коллекторов, за исключением мест, непосредственно прилегающих к источникам загрязнения. Визуально участки мало отличаются от незагрязненных. При обследовании таких участков иногда отмечается воздействие малых доз нефти на древесной, выражающееся в приросте древесины.

Выпадение единичных экземпляров прироста древесных пород и растений в живом надпочвенном покрове происходит на уровне индивидуальной восприимчивости организмов к нефти, не затрагивает видовой уровень и не влияет на процесс естественного возобновления древесной и об-

шего проективного покрытия кустарничково-травяно-мохового яруса. Обнаружить нефть почве на таких разливах через год после аварии практически не удается.

В зонах с загрязнением от 5 до 10 % уже достаточно хорошо фиксируется изменения в состоянии всех основных компонентов фитоценоза. Процессы деградации растительных сообществ, вызванные этими концентрациями нефти, заканчиваются через один-два года после аварии. Поэтому, на момент обследования визуально может отмечаться наличие как полностью погибших, так и усыхающих деревьев и экземпляров подроста. Количество погибших и угнетенных деревьев может составлять от 10 до 30 % от их общего числа. Количество сохранившегося подроста зависит от его первоначального уровня и может составлять от нескольких сотен до 10 и более тысяч штук гектар. В процентном соотношении сохранность подроста достигает 60-80 % и в некоторых случаях превышает таковую у древостоя.

Восстановление древостоя до первоначального состояния на участках с загрязнением слабой степени происходит за счет увеличения производительности тонкомерных деревьев и заканчивается через 9-10 лет. Общее проективное покрытие живого напочвенного покрова уже через год после разлива вступает в фазу восстановления. Исчезают наименее устойчивые виды таежного разнотравья, частично погибает мох. Восстановление происходит через два-три года после разлива.

Принимая во внимание незначительность отрицательного влияния на фитоценозы и незначительный срок восстановления до исходного состояния проведения восстановительных мероприятий на разливах с концентрациями нефти до 10 % не рекомендуется.

Умеренная степень. Наиболее распространены разливы умеренной степени загрязнения. Широкий диапазон концентраций определяет сильное варьирование показателей, характеризующих состояние фитоценоза. Однако ряд характерных черт позволяет выделить эту степень загрязнения именно в указанных границах. Чаще всего, это окраины разливов сильной степени, сформировавшиеся при фронтальном растекании нефти по поверхности почвы. Угнетение древостоя и подроста может составлять 30-90 %. Как показали наблюдения, даже через 15 лет после загрязнения на таких разливах продолжается процесс отмирания древостоя. При обследовании всегда присутствуют как полностью погибшие деревья, усыхающие и здоровые. Подрост часто сохраняется в процентном отношении лучше древостоя благодаря отмеченному выше характеру микрорельефа. Основная часть погибшего подроста приурочена к понижениям. Восстановление древостоя возможно только за счет сохранившегося подроста и его, новых послеаварийных поколений. Полностью этот процесс завершается через 9-11 лет.

Восстановление идет медленно и через 6 лет после разлива достигает всего 65-70 % от первоначального уровня. Видовое разнообразие пополни-

ется дольше и часто за счет рудеральных видов, не свойственных исходному сообществу (кипрей, осоки, череда и др.)

Высокая степень. Вызывает полную гибель растительности через два-три года после разлива, причем основная часть отмирает в первый год. Сохранившиеся живые экземпляры приурочены к периферии и находятся в угнетенном состоянии. Восстановительные процессы начинаются через пять-шесть лет, идут замедленными темпами и растянуты во времени (20 и более лет).

Все разливы нефти высокой степени подлежат полной рекультивации со сведением древостоя и подроста. По давности загрязненные участки делятся на: очень свежие (до одного года с момента аварии), свежие (1-3 года с момента аварии), старые (более 3-х лет с момента аварии).

К первой и второй группе относятся и старые, периодически обновляющиеся участки. С целью более точного выбора рекультивации загрязненный участок в зависимости от распределения нефти и состояния растительности может быть разделен на несколько рекультивационных зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : Федеральный закон от № 7-ФЗ : принят Государственной думой 20 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года. - Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2002. - 39 с. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ 17.4.3.02-85. Охрана природы (ССОП). Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 5 мая 1985 г . № 1294 : введен впервые : дата введ. 1987-01-01/ стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 4471-84. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы (ССОП). Земли. Общие требования к рекультивации земель (с Изменением N 1) : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 марта 1983 г. № 1521 : введ. впервые : дата введ. 1984-07-01/ стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 5302-85. – Текст : непосредственный.

4. Сивков, Ю. В. Природообустройство и ресурсосбережение : учеб. пособие / Ю. В. Сивков. – Тюмень : ТИУ, 2016. – 148 с. – Текст : непосредственный.

5. Парфенов, В. Г. Геоэкология : учебное пособие / В. Г. Парфенов, Ю. В. Сивков. – Тюмень : ТИУ, 2015. – 176 с. – Текст : непосредственный.

К ОСОБЕННОСТЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ ТРЕБОВАНИЯМ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Солодовников А. В.¹, канд. техн. наук, доцент кафедры промышленной безопасности и охраны труда, bashexpert@gmail.com

Махнёва А. Н.², ассистент кафедры ТБ, mahnjovaan@tyuiu.ru

¹г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

²г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Предложен алгоритм проведения оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности (рис. 1).

Ключевые слова: промышленная безопасность, опасный производственный объект, нефтегазодобывающие производства, аудит

Предложен алгоритм проведения оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности. Проведение оценки соответствия позволяет: подготовиться к плановым проверкам Ростехнадзора; сформировать объективную картину состояния уровня безопасности на объекте; оценить эффективность функционирования системы управления промышленной безопасностью; оценить качество осуществления самоконтроля соблюдения требований нормативно-правовых актов в области промышленной безопасности на опасном производственном объекте; собрать исходные данные для проведения оценки инвестиционной привлекательности предприятия.

Предлагаемый алгоритм способен упростить проведение оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности путем четкой систематизации направлений контроля.

Использование метода классификации при создании алгоритма позволит проводить статистическую обработку данных для выявления «слабых мест» при эксплуатации объектов нефтегазодобывающих производств. Алгоритм апробирован на объектах крупных нефтегазовых компаний [1-4].

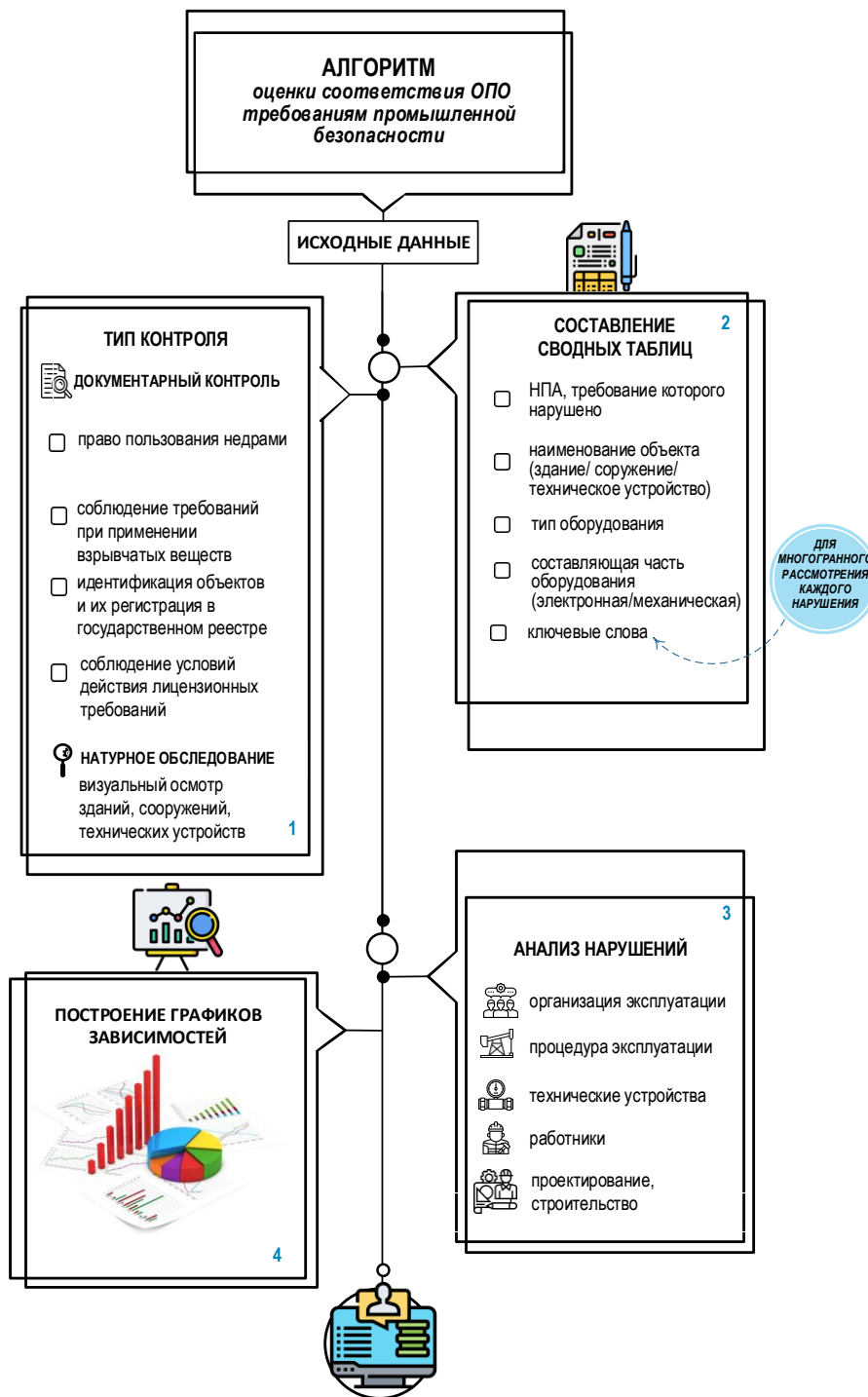


Рис.1. Алгоритм проведения оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности [5]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : Федеральный закон № 116-ФЗ : принят Государственной думой 20 июня 1997 года. - Текст : электронный //

Консультант плюс : [сайт]. – URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения 19.10.2018 г.) .

2. Об утверждении требований к регистрации объектов в государственном реестре опасных производственных объектов и ведению государственного реестра опасных производственных объектов : приказ Ростехнадзора от 25 ноября 2016 года № 495. - Текст : электронный // Консультант плюс : [сайт]. - URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения 19.10.2018 г.).

3. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» : приказ Ростехнадзора от 12 марта 2013 года № 101. - Текст : электронный // Консультант плюс : [сайт]. – URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения 19.10.2018 г.).

4. Об утверждении перечней правовых актов, содержащих обязательные требования, соблюдение которых оценивается при проведении мероприятий по контролю в рамках осуществления видов государственного контроля (надзора), отнесенных к компетенции Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору: приказ Ростехнадзора от 17 октября 2016 года № 421. – Текст : электронный // Консультант плюс : [сайт]. - URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 19.10.2018 г.).

5. Солодовников, А. В. Особенности проведения оценки соответствия опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств требованиям промышленной безопасности / А. В. Солодовников, А. Н. Махнева. – Текст : непосредственный // Нефтегазовое дело. – 2019. - № 1. – С. 13-28.

УДК 620.193.22

ВЛИЯНИЕ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ КИСЛОРОДА НА КОРРОЗИОННУЮ АКТИВНОСТЬ ЗАКАЧИВАЕМЫХ ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Томчук Н. Н., канд. хим. наук, доцент кафедры ОиЭХ,
n.n.tomchuk@utmn.ru

Буракова Д. С., магистрант, dasha.burakova@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский государственный университет

Аннотация. Работа посвящена поиску эффективного и доступного поглотителя кислорода с целью снижения вклада кислородной составляющей в коррозию нефтепромыслового оборудования. В ходе работы были протестированы добавки сульфита натрия и гидрохинона для применения их в системе ППД на примере закачиваемой воды Ичедин-

ского нефтяного месторождения Восточной Сибири. Для решения задачи использован йодометрический метод определения растворенного кислорода и гравиметрический метод определения коррозионной активности агрессивных сред. Установлено, что при более низкой концентрации добавки степень связывания растворенного кислорода и более эффективное снижение скорости коррозии стали достигнуто в присутствии сульфата натрия.

Ключевые слова: растворенный кислород, кислородная коррозия, система ППД, поглотители кислорода

Используемые в системе ППД Ичединского нефтяного месторождения воды содержат растворенный кислород, который усиливает ее коррозионную активность по отношению к промышленному оборудованию. Для борьбы с кислородной коррозией широко применяются химические методы. В данной работе проведены исследования по оценке эффективности связывания растворенного кислорода сульфитом натрия и гидрохиноном с целью применения их в процессах водоподготовки для системы ППД.

Лабораторные исследования проводили с использованием пробы слабоминерализованной воды литвинцевской свиты Ичединского НМ Восточной Сибири ($c^{20} = 1,006 \text{ г/см}^3$; $\text{pH}=7,94$; Минерализация = 5147 мг/дм^3). Оценку эффективности связывания молекулярного кислорода в присутствии сульфита натрия и гидрохинона проводили йодометрическим методом, скорость коррозии стальных пластин марки Ст20 определяли гравиметрическим методом [1, 2]. Исходное содержание растворенного кислорода в воде составляет $7,65 \text{ г/дм}^3$, скорость коррозии стальных пластин марки Ст20 равна $0,14 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{ч)}$.

На Рис. 1 показано, что полное связывание растворенного кислорода достигается при концентрациях 100 мг/дм^3 и 500 мг/дм^3 для сульфита натрия и гидрохинона, соответственно. Такое превышение содержания гидрохинона обусловлено неудовлетворительной эффективностью связывания молекулярного кислорода при более низких его концентрациях в тестируемых средах.

Установлено, что скорость коррозии стальных пластин марки Ст20 при полном связывании молекулярного кислорода сульфитом натрия и гидрохиноном характеризуется сопоставимыми значениями и снижается в среднем в 2,2 раза относительно исходной воды. Для обоснования выбора в пользу одного из веществ в Табл. 1 приведены сравнительные показатели товарных реагентов.

По результатам исследования влияния поглотителей кислорода на коррозионную активность тестируемой воды установлено, что приведенные химреагенты обладают сопоставимой эффективностью связывания растворенного кислорода. При этом, сульфит натрия способствует образованию защитной пленки на поверхности промышленного оборудования, что дополнительно способствует снижению скорости кислородной коррозии

[3]. С учетом оптимальной эффективности и на основании экономической целесообразности сульфит натрия может быть использован в качестве базового поглотителя растворенного кислорода при водоподготовке в системе ППД Ичединского нефтяного месторождения Восточной Сибири.

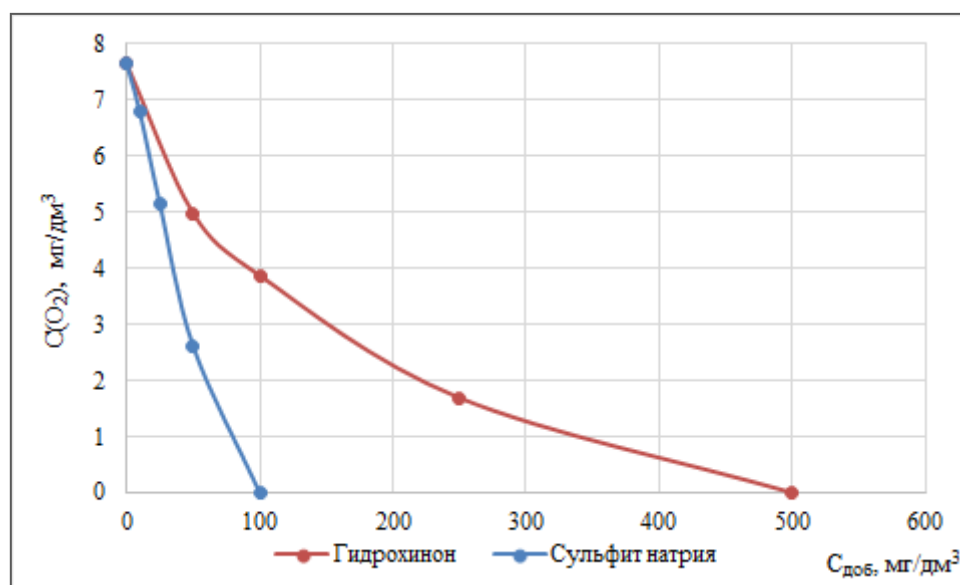


Рис.1. Зависимость концентрации растворенного кислорода от концентрации поглотителей

Таблица 1

Сравнительная характеристика сульфита натрия и гидрохинона

№	Показатель	Сульфит натрия	Гидрохинон
1	Оптимальная концентрация добавки для полного связывания O_2 , мг/дм ³	100	500
2	Скорость коррозии стали марки Ст20 при полном связывании O_2 , г/(м ² *ч)	0,065	0,064
3	Стехиометрическое потребление на 1 мг O_2	7,9	6,9
4	Рыночная стоимость за 1 тонну, руб.	от 56 000	780 000
5	Побочные негативные факторы	Образование сульфатов	Токсичен, канцероген

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации растворенного кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод йодометрическим методом : ПНД Ф 14.1:2:3.101-97 : утв. Государственным комитетом Рос. Федерации по охране окружающей среды 17.03.21 : введ. в действие с 17.06.01. – Москва : ФГБУ «ФЦАО», 2017. – 20 с. – Текст : непосредственный.

2. . ГОСТ 9.506-87. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Ингибиторы коррозии металлов в водно-нефтяных средах. Ме-

тоды определения защитной способности : государственный стандарт союза ССР : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 сентября 1987 г. № 3671 : введ. впервые : дата введ. 1988-07-01 / разработан Министерством нефтяной промышленности СССР. – Москва : Издательство стандартов, 1988. – 16 с. – Текст : непосредственный.

3. Особенности борьбы с растворенным кислородом в проекте АСП / С. И. Ерке, М. Ю. Костина, М. Ю. Бондарь [и др.]. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 66-71.

УДК 656.13

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ГОРОДАХ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МОБИЛЬНОСТЬ КАК УСЛУГА

Трегубов В. Н., д-р экон. наук, профессор, tregubovvn@outlook.com
г. Саратов, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.

Аннотация. Авторы анализируют существующие проблемы в городах, связанные с низкоэффективным городским транспортом. Для решения экологических проблем авторы предлагают использовать технологию организации городского транспорта на основе концепции мобильность как услуга. Такая технология позволяет объединить все существующие в городе виды транспорта и транспортные службы в виде единой интермодальной логистической системы. Пассажиры смогут удобной использовать любой транспорт и оплачивать свои поездки с помощью месячного абонемента.

Ключевые слова: мобильность как услуга, городской транспорт, экология города

Увеличение количества автомобилей в России ведет к усилению негативных последствий от их использования, что отрицательно сказывается на качестве жизни людей в городах. Современные оценки показывают, что более 60% выбросов загрязняющих веществ в крупных городах России связаны с выхлопными газами от личных транспортных средств. Анализ воздуха в городах России показывает, что на большинстве автомагистралей имеется существенное превышение ПДК по вредным веществам [1]. Подобное загрязнение может быть причиной более двадцати тысяч преждевременных смертей ежегодно, среди жителей городов России. В экономическом выражение такой ущерб может составлять более 8% ВВП в год [5].

В последние годы правительство России принимает существенные меры для решения описанных выше проблем. Часть этих мер направлена

на улучшение экологических характеристик автомобильного парка. В России были приняты ряд законодательных решений, которые ужесточают требования к транспортным средствам по выбросам вредных веществ, качеству используемого топлива, пассивной безопасности. Например, большой вклад в улучшение характеристик транспортного парка внесла реализация программы по утилизации транспортных средств. В результате выполнения этой программы с дорог общего пользования убрано около одного миллиона устаревших транспортных средств [3]. Данная статистика свидетельствует, что транспортные компании активно обновляют свой парк, в результате можно отметить существенное улучшение его возрастной структуры.

Важным направлением улучшения экологической безопасности транспортных средств в городе является снижение валовых выбросов загрязняющих веществ от транспортных средств за счет повышения эффективности использования транспорта. Увеличение выбросов связано с тем, что в городах происходит непрерывный рост количества личных транспортных средств, что ведет к перегрузке существующей транспортной инфраструктуры. В результате в городах возникают транспортные заторы, снижается средняя скорость движения транспортных средств. Это ведёт к повышению концентрации загрязняющих веществ на крупных городских магистралях.

Результаты мониторинга [5] свидетельствуют о том, что средняя скорость движения личных транспортных средств на городских магистралях в России значительно ниже чем в крупных городах США и Европы. Общественный городской транспорт также функционирует в условиях перегрузки дорожной сети, что приводит к существенному снижению качества услуг общественного транспорта, уменьшает его привлекательность для жителей и ведет к устойчивому снижению интереса использования общественного транспорта для частных поездок [4].

Одним из решений является совершенствование системы городского общественного транспорта, а также стимулирование использования общественного транспорта для внутригородских поездок. Совершенствование городской транспортной системы возможно за счет создания интегрированной логистической системы, реализованной на принципах мобильность как услуга (МКУ), в англоязычных публикациях эта концепция называется *Mobility As A Service (MAAS)*. Мобильность как услуга представляет собой передовую концепцию городского логистики в сфере общественных пассажирских перевозок, а её внедрение способствует улучшению городского транспорта. Использование термина мобильность как услуга делает акцент на том, что, жители города, основываясь на собственных потребностях, покупают транспортные услуги различного вида у единого транспортного оператора. Покупка производится либо по мере необходимости, либо на долгосрочной основе через использование пакетных предложений.

В системе построенной на принципах МКУ пассажир может совершать внутригородские поездки, используя все существующие в городе виды транспорта и оплачивая свои поездки с помощью месячного абонемента. Это дает возможность реализовать эффективную технологию интермодальных перевозок, которая подразумевает удобную интеграцию различных видов транспорта и их совместное использование в процессе одной поездки с оплатой всех услуг оператору путем покупки абонемента на длительное время.

Система МКУ позволяет объединять в себя все существующие в городе виды транспорта и транспортные службы, в частности: сервис по совместному использованию автомобилей, службу аренды автомобилей, метро, электричку, городской и пригородный автобус, такси, городской электротранспорт, а также систему бронирования услуг через мобильное приложение. Распространение МКУ становится возможным благодаря массовому использованию смартфонов и социальных сетей, а также повсеместному подключению к сети Интернет.

Концепция МКУ является достаточно новой и инновационной парадигмой, поэтому в настоящий момент времени не так много исследований, в которых она бы подробно рассматривалась. Недостаток исследований особенно ощущается в русскоязычном сегменте (наиболее полный обзор, по нашему мнению [6] [7]), зарубежных исследований гораздо более полные [2], однако они также не в полной мере описывают особенности данной концепции, особенно применительно к условиям России. Развитие МКУ потенциально может привести к смене парадигмы на городском транспорте и требует активных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Donchenko, V. Estimated Atmospheric Emission from Motor Transport in Moscow Based on Transport Model of the City / V. Donchenko. – Direct text // *Transportation Research Procedia*. - 2016. - № 14. - С. 2649–2658.

2. Smith, G. Mobility as a Service: Development scenarios and implications for public transport / G. Smith, I. C. Sochor, M. A. Karlsson. – Direct text // *Research in Transportation Economics*. - 2018. - № 10 (69). - С. 592–599.

3. Аврашков, Л. Я. Утилизация старых автомобилей: проблемы и перспективы / Л. Я. Аврашков, Г. Ф. Графова, А. В. Графов. – Текст : непосредственный // *Central Russian Journal of Social Sciences*. - 2015. - № 3 (10). - С. 176–182.

4. Берлин, П. А. Городской общественный транспорт: как создать условия развития / П. А. Берлин. – Текст : непосредственный // *Транспорт Российской Федерации*. - 2012. - № 3. - С. 4–10.

5. Донченко, В. Достижение устойчивого развития транспортных систем в городах России : проблемы, вызовы и риски / В. Донченко. - НТБ Энергия, 2013. - 460 с. – Текст : непосредственный.

6. Куприяновский, В. П. Интеллектуальная мобильность и мобильность как услуга в Умных Городах / В. П. Куприяновский. – Текст : непосредственный // International Journal of Open Information Technologies. - 2017. - № 12 (5). - С. 77–121.

7. Трегубов, В. Н. Организация городского транспорта на основе концепции «мобильность как услуга» / В. Н. Трегубов. – Текст : непосредственный // International Journal of Open Information Technologies. - 2019. - № 6 (7). - С. 73–80.

УДК 504.064.36

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Фатеева Е. В., магистрант, katyushka_fateev@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: в работе представлены основные аспекты воздействия работы нефтегазовой отрасли на окружающую природную среду и выявлены возможные пути снижения отрицательного воздействия.

Ключевые слова: нефть, крекинг, окружающая среда, топливо, сернистый газ

В настоящее время нефтегазовая промышленность оказывает большое влияние на окружающую природную среду [1].

Нефть – это в первую очередь топливо для автомобилей, самолётов и кораблей, а также это колоссальный источник энергии для наших домов.

В период активного использования традиционных энергетических ресурсов добыча и переработка нефти может так же представлять угрозу, в первую очередь, для окружающей среды и здоровья людей [2].

Предприятия нефтегазовой отрасли загрязняют все объекты окружающей среды, такие как атмосферный воздух, водные объекты, а также почвенный профиль. К основным загрязняющим веществам относятся углеводороды, сероводород, оксиды углерода, диоксид серы, и азот [4].

Загрязнение воздуха при работе предприятий в нефтегазовой отрасли происходит постоянно и полностью на всех этапах переработки нефтяных продуктов. К основным и наиболее важным выбросам нефтеперерабатывающих заводов в атмосферу относятся углеводороды и сернистый газ [2].

Вследствие постепенной очистки продуктов нефтепереработки производится большое количество отходов, таких как кислый гудрон и, щелочные сточные воды. Их обезвреживание и дальнейшая утилизация — это довольно сложный процесс [1].

Для обеспечения полного устойчивого развития процессов в нефтегазовой отрасли, необходимо разрабатывать и внедрять новые экологически ориентированные методы работы промышленных предприятий [3].

Так как предприятия нефтегазовой отрасли оказывают большое влияние на атмосферу, то работа установки каталитического крекинга является большим источником загрязнения для окружающей природной среды. Соответственно использование более модифицированных установок окажет глубокое влияние на минимизацию загрязнения атмосферного воздуха [4].

К модернизации технологического процесса можно отнести установку новых горелок, дающих низкий выход NO. Улавливание загрязняющих компонентов с помощью электрофильтров, циклонов [1].

Не полностью эффективная работа циклонов может привести к уносу довольно мелких каталитических частиц с парами углеводородов [2, 4].

Очистка отходящих газов от аэрозолей при работе предприятий нефтегазовой отрасли может быть достигнута использованием циклонов, с установленным электрофильтром [1-3].

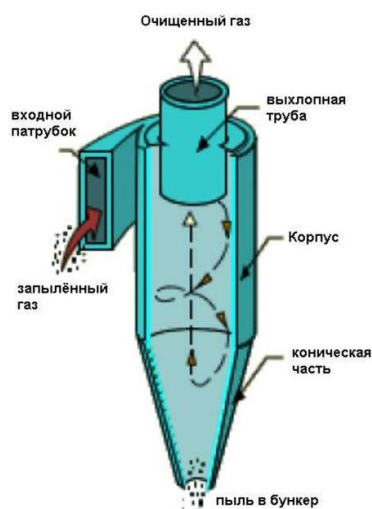


Рис. 1. Работа циклона по очистке газов от аэрозолей

Скрубберы со средним и высоким энергопотреблением также обеспечивают выполнение такой же степени очистки, но сомнительно, чтобы это обеспечивалось скрубберами с малым потреблением энергии [3].

Следовательно, для обеспечения нормативных параметров уровня выбросов CO используют значительно более низкую температуру регенерации и не производят замену конструктивных элементов на выполненные из более качественного металла [2, 3].

На большей части предприятий нефтегазовой отрасли осуществляется переработка сернистых нефтей, это происходит при полностью глубокой переработке.

Данные газы используются для производства серы, но и при их сжигании установках Клауса, где определенная часть серы уходит в атмосферу в виде диоксида серы [3].

Минимизацию попадания загрязняющих компонентов в сточные воды при работе предприятий, возможно, обеспечить с помощью внедрения инновационных способов очистки, с применением сорбционных фильтрующих установок с большой сорбционной емкостью сорбента и так же за счет полной модернизации оборудования [2].

Снижение загрязнения почвенного профиля продуктами нефтепереработки и нефтехимии можно обеспечить за счет выполнения мероприятий по сохранению почвенного профиля, это мелиорация территории или применения защитных предупредительных экранов, геомембран [3].

Один из основных аспектов применения новых возможностей снижения воздействия предприятий нефтегазовой отрасли на окружающую среду, это дороговизна оборудования и материалов, данную проблему возможно решить за счет использования техники и материалов отечественного производства, что позволит снизить затраты на экологию [1].

Соответственно можно отметить то, что разработка новых экологически безопасных технологических аспектов переработки продуктов нефтегазовой отрасли, позволит минимизировать или снизить их воздействие на окружающую природную среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогожа, И. В. Нефтяной комплекс России: государство, бизнес, инновации : монография / И. В. Рогожа. – Москва : ИНФРА-М, 2010. – 242 с. – Текст : непосредственный.

2. Экологические проблемы нефтяной промышленности: монография / Ф. Р. Хайдаров, Р. Н. Хисаев, В. В. Шайдаков [и др.]. – УФА : Монография, 2005. - 189 с. – Текст : непосредственный.

3. Экологическая безопасность процессов и производств в нефтегазовых комплексах : учебно-методическое пособие / В. Ф. Желтобрюхов, С. М. Леденев, Г. А. Севрюкова, Ю. Н. Картушина. – Волгоград : ВолгГТУ, 2017. – 110 с. – Текст : непосредственный.

«ЭНЕРГИЯ ИЗ ОТХОДОВ» КАК АЛЬТЕРНАТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ

Федина А. В., магистрант, fedinaanastasya@ya.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Актуальность выбранной темы обусловлена привлечением внимания к инновационным проектам зарубежных стран в области переработки отходов в электроэнергию с помощью применения новейших технологий против мусора. Дальнейшая цель исследования – это применение изученных практик в рамках проекта «Энергия из отходов» на предприятиях-производителях в регионах страны.

Ключевые слова: энергосбережение, экологичность, энергия из отходов.

Для каждого промышленного предприятия, и не только, самыми дорогостоящими расходами являются расходы за энергетическую составляющую. А постоянный рост цен на электроэнергию и энергоносители побуждает производителей искать новые возможности по снижению данной категории затрат, устанавливая лимиты на использование энергии.

Ни для кого не секрет, что на содержание зданий и обеспечение производственного процесса приходится $\approx 30\%$ всех энергоресурсов,купаемых предприятием. Как правило, проведение предприятиями ряда определенных энергосберегающих мероприятий, позволяет увеличить их рентабельность, и улучшить конкурентоспособность выпускаемой продукции за счет снижения ее себестоимости. В промышленности существует очень много простых, продвинутых и высокотехнологических способов экономии энергосбережения по системам электроэнергии, отопления, водоснабжения и газоснабжения.

Задача каждого предприятия-производителя рассматривать, помимо традиционных методов, уже давно существующие в зарубежной практике инновационные энергосберегающие технологии. А если рассматривать энергосбережение не с точки зрения различных способов экономии энергосбережения, а с точки зрения ресурсов получения энергия? Как известно, основными традиционными энергоресурсами являются: вода; тепло; электроэнергия; воздух.

Но, в условиях катастрофической экологической ситуации, одной из причин которой стало наличие невероятных масштабов свалок и полигонов, наносящих ущерб окружающей среде, есть место появлению нового энергоресурса на основании инновационной технологии получения энергии в рамках проекта «Энергия из отходов». Современные реалии диктуют отношение к отходам, как к неисчерпаемому (также как энергия солнца и ветра) и постоянно возобновляемому источнику энергии. Подобная систе-

ма вовлечения во вторичный оборот отходов позволяет снизить объемы захоронений твердых бытовых отходов (ТБО) не пригодных к классической переработке.

Таким образом, создание мусоросжигательных заводов «энергии из отходов» решает:

- 1) проблемы образования «грязных» полигонных захоронений;
- 2) проблему замены традиционных энергоресурсов на альтернативные им возобновляемые источники энергии, что послужит решению вопроса об энергосбережении.

Стоит отметить, что реализация такого проекта позволит обеспечить энергией не только предприятия регионов, но и их жителей. Описанный принцип обращения с отходами уже давно используется в таких странах, как Япония, Швейцария, Германия, Дания и др.

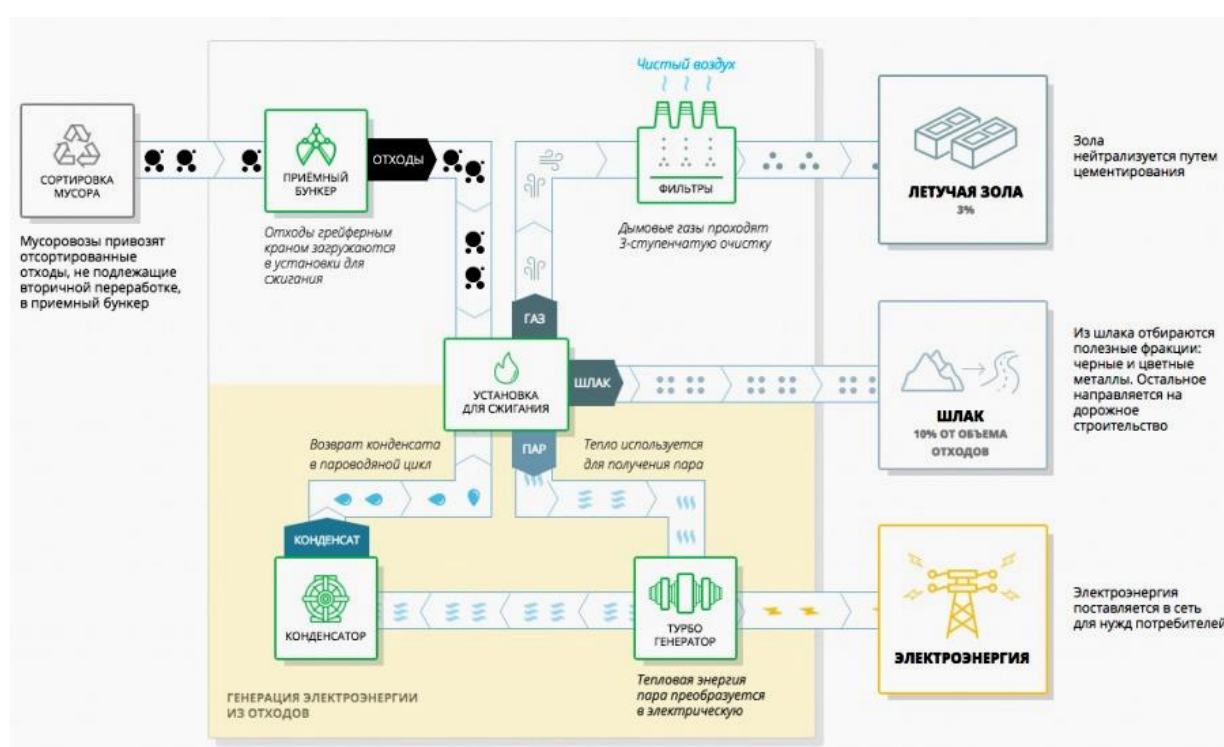


Рис.1. Технология производства энергии из ТБО [2]

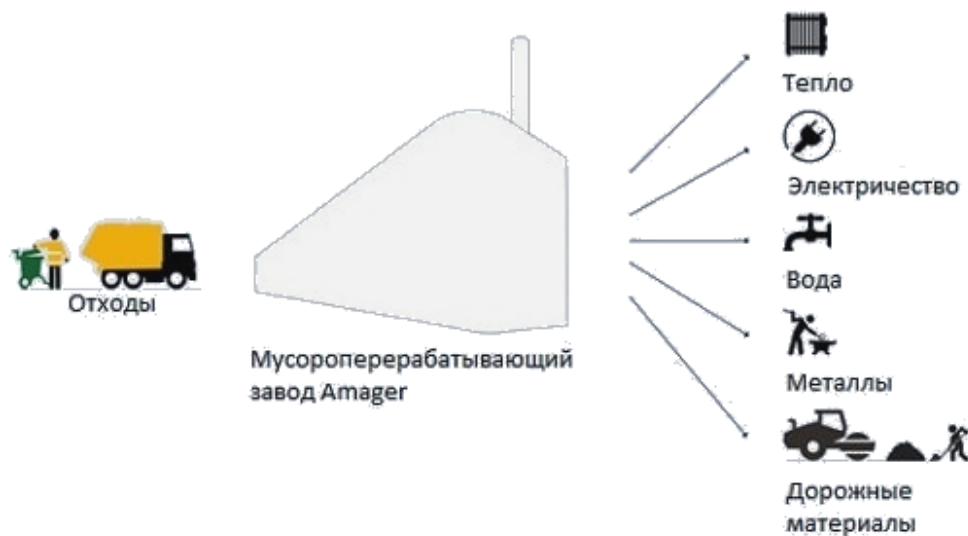


Рис. 2. Получаемый выход Amager Vække при переработки ТБО

Дания является мировым лидером по термической переработке отходов, законодательство об экологии которой считается одним из самых строгих. Заводы «Энергии из отходов» в этой стране, спокойно вписываются в городскую среду, выполняя при этом свою основную функцию сложно организованного процесса переработки отходов в энергию. Так, например, в центре одного из наиболее чистого города Европы, Копенгагене, на новом Amager Vække в октябре 2019 года открыли лыжный склон и трекинг-тропу. Согласно открытым источникам информации [3], известно, что общая сумма, затраченная на строительство и запуск производства данного завода, составила порядка 0,7 млрд.\$.

Amager Vække является, на сегодняшний момент, самым экологичным мусоросжигательным заводом в мире, так как в процессе сжигания мусора, образующиеся выбросы вредных веществ уменьшены на 98%. Его мощность способна обеспечить энергией ≈ 50 тысяч объектов и обогреть ≈ 120 тысяч. Также предприятие создает ≈ 100 млн.тонн чистой воды, как побочного продукта производства.

Россия только набирает обороты по созданию подобных инновационных проектов в области переработки ТБО в энергию. Строительством современных мусоросжигательных заводов по технологии японско-швейцарской компании Hitachi Zosen Inova (мировой лидер в отрасли переработки отходов в энергию) в России занимается компания РТ-Инвест.

В апреле 2019 года, согласно источникам РТ-Инвест [4] известно, что на Уральском турбинном заводе собрали первую паровую турбину для завода по переработке отходов в энергию (тепло и электричество). «В конце ноября – начале декабря 2019 года, начнется строительство заводов по переработке в энергию в Солнечногорском и Ногинском округах», – рас-

сказал Андрей Шипелов гендиректор «РТ-Инвест», во время визита в Кёльн. Заводы станут частью новой системы по обращению с отходами в Московской области. Планируется довести уровень переработки отходов до 50% – во вторсырье, оставшиеся 50% – в электричество [5].

Как видно, мир с каждым годом проявляет все больше и больше внимания к требованиям экологичности и безопасности во всех сферах деятельности человека, особенно касаясь промышленных производств. Необходимо понимать, что подобного рода рассмотренные выше инновационные проекты требуют значительных материальных затрат и государственной поддержки. И вопрос в том, насколько нам дорога наша «дорогая» экология?

Новые технологии предоставляют невероятные возможности по избавлению от огромных масштабов полигонов и захоронений отходов. При всем при этом, предприятия нового поколения, построенные по последним технологиям, обеспечат помимо высокого уровня экологичности и безопасности, высокий уровень энергоэффективности, что очень важно в условиях истощения традиционных источников сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ООО «Энергоэффективность и энергоаудит» : [сайт]. - URL : <https://energo-audit.com/> (дата обращения : 01.11.2019). – Текст : электронный.
2. Энергия из отходов : новейшие технологии против мусора. – Текст : электронный // РТ-Инвест : [сайт]. – URL : <https://rostec.ru/news/energiya-iz-otkhodov-zelenye-tehnologii-protiv-musora/> (дата обращения: 04.11.2019).
3. VLVmag – эко-информационный портал : [сайт]. – URL : <https://vlv-mag.com/> (дата обращения: 04.11.2019). – Текст : электронный.
4. Уральский турбинный завод впервые в России изготовил турбину для мусоросжигательных заводов компании РТ-Инвест. – Текст : электронный // Электроэнергетика. Нефть и газ : [сайт]. – URL : <https://energybase.ru/en/news/companies/uralskij-turbinnij-zavod-vpervye-v-rossii-izgotovil-turbinu-dla-musoroszigat-2019-04-26> (дата обращения : 05.11.2019).
5. Мусоросжигательный завод под Зеленоградом начнут строить до конца года. – Текст : электронный // ИНФОПОРТАЛ Зеленограда : [сайт]. – URL : <https://www.netall.ru/realty/story/test/1128144.html> (дата обращения: 03.11.2019).

НЕФТЕХИМИЧЕСКИЙ КЛАСТЕР – ИСТОЧНИК БЛАГОСОСТОЯНИЯ РЕГИОНА ИЛИ УГРОЗА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

Филимонова Л. А., канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономики в строительстве, lorafil@ya.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: нефтедобывающий и нефтеперерабатывающие сектора экономики определяют направление развития экономики Тюменской области на долгосрочную перспективу согласно энергетической концепции и стратегическим программам, что идет в противовес мировому тренду смены приоритетов с традиционных ресурсов (углеводородов) при производстве энергии на альтернативные. Данное противоречие и послужило толчком к подготовке настоящих тезисов доклада.

Ключевые слова: энергоэффективные технологии, возобновляемые источники, мировые тренды.

Региональную экономику Тюменской области в значительной степени определяет такой сектор экономики как промышленность, на формирование ассортимента которого большое влияние оказывает близость к нефтегазовым территориям ХМАО и ЯНАО. Одной из проблем, сдерживающей развитие промышленности в Тюменской области, является перекос в структуре нефтяного кластера в сторону добычи и сбыта сырья. На сегодняшний день основным источником доходов в бюджете Тюменского региона остается добыча полезных ископаемых (Рис.1.). Это развивающийся промышленный кластер регионов России в области первичной переработки нефтепродуктов благодаря особой экономической зоне созданной на территории юга области. Структура рынка нефтепродуктов как в России, так и в Тюменском регионе является олигопольной и характеризуется наличием доминирующих нефтегазовых компаний, осуществляющих деятельность на всех сегментах рынка (добыча, переработка, реализация). По данным Федеральной таможенной службы поставки нефтепродуктов составили 98.5% от экспорта минеральных продуктов или 65.4% от общего объема экспорта. Увеличение стоимостных объемов экспортных поставок нефтепродуктов произошло за счет увеличения на 29.3% поставок в страны дальнего зарубежья и на 96.1% в страны СНГ. Преобладание поставок нефтяного сырья над другими видами минеральных ресурсов говорит о том, что акционеры нефтяных компаний не заинтересованы в развитии обрабатывающих секторов экономики в нефтеперерабатывающего кластера, ориентированы лишь на экспорт сырья, что не дает добавочной стоимости продукта и обеспечивает прирост отрицательного воздействия на окружающую среду и экологическую обстановку в регионе.

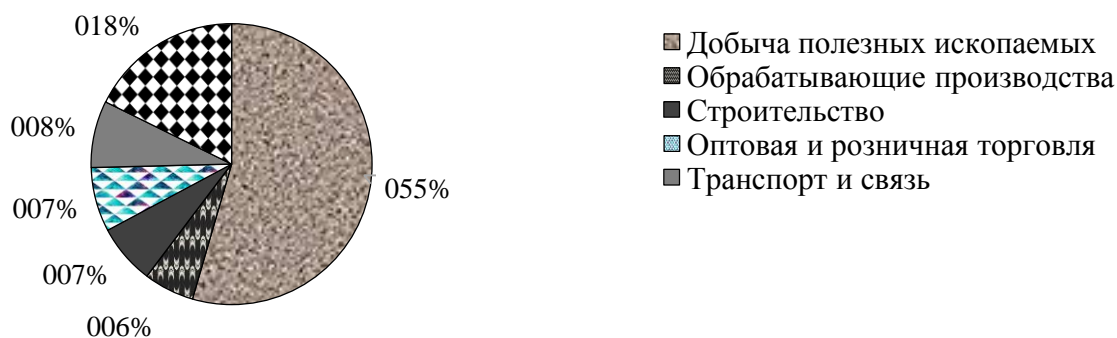


Рис.1. Структура валового регионального продукта Тюменской области с округами по видам деятельности

При рассмотрении рынка нефтепродуктов нужно учитывать и нефтехимическую промышленность, деятельность которой также осуществляется на территории Тюменской области, и одним из крупнейших ее представителей является СИБУР Тобольск (в состав которого входят предприятие «Тобольск-Нефтехим» и «Тобольск-Полимер»). Данное предприятие осуществляет производство бутадиена, изобутилена, метил-трет-бутилового эфира и др. И этот вид деятельности также требует комплексных исследований с позиции влияния на качество жизни населения региона. Представители нефтяных компаний и перерабатывающих заводов прямо говорят: нефтяной бизнес России всегда хочет быстрой сверхприбыли, достигаемой в основном за счет роста экспорта сырья. А капиталовложения в переработку углеводородов и развитие альтернативных источников – это «долгие» и, вдобавок, крупные вложения, которые едва ли окупятся столь же быстро и столь же значительно, как вывоз сырья. Приоритетным же направлением в мире на современном этапе развития мировой конъюнктуры рынка является сбыт переработанного сырья. Данному направлению отвечает нефтепереработка в нефтяном кластере, а именно производство ЭКО-бензина, дизельного топлива, моторного масла, керосина и т.п. (категория второго поколения энергоресурсов). При этом, согласно общемирового тренда развития альтернативных источников энергии ведущие экономики мира ориентированы уже на пятое поколение источника производства энергоресурсов (Рис. 2,3), в том числе на глубокую переработку бытовых отходов и водорослей. Тренды обусловлены приоритетностью экологической безопасности в обеспечении уровня качества жизни населения над экономическими выгодами. Данное обстоятельство также подтверждается принятой конвенцией о снятии с производства двигателей внутреннего сгорания и к 2030 году полный переход мировых ведущих концернов в машиностроении на выпуск электромобилей.



Рис. 2. Сравнительная динамика потребляемых ресурсов при производстве электроэнергии [1]

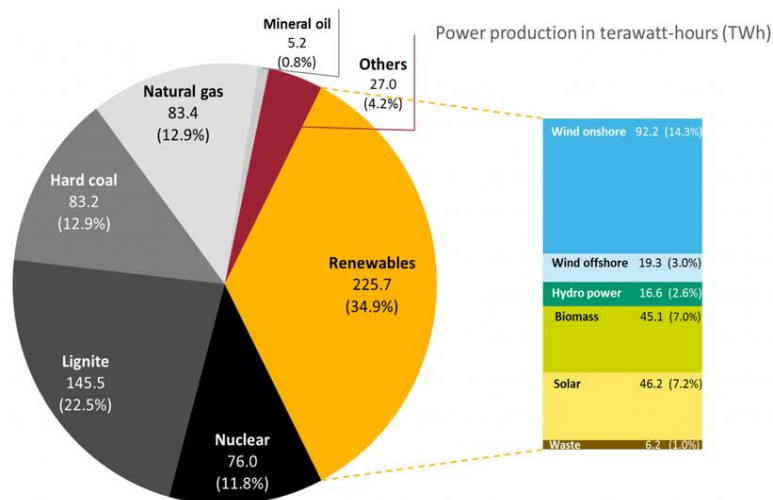


Рис. 3. Структура потребляемых ресурсов при производстве электроэнергии Германии [2,3]

При этом, согласно мирового тренда возникает вопрос, чем регион будет восполнять выпадающие доходы в бюджете региона и страны в силу сокращения потребления российских углеводородов Европейскими партнерами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационный портал «Про альтернативную энергию» : [сайт]. – URL : <https://alter220.ru/> (дата обращения 1.10.2019). – Текст : электронный.

2. Альтернативные виды топлива : [сайт]. – URL : http://hybridcars.narod.ru/fuel/biofuel/biofuel_tech.html (дата обращения 5.03.2019). – Текст : электронный.

3. Информационный портал «Биотехнологии» : [сайт]. – URL : <http://bio-energetics.ru> (дата обращения 1.12.2018). – Текст : электронный.

4. Биотопливо - проблемы и перспективы. – Текст : электронный // Автомобильный интернет портал : [сайт]. – URL : <http://http://autorelease.ru/articles/109-automobile/345-biotoplivo-problemy-i-perspektivy.html> (дата обращения 5.03.2019).

УДК 614.8

РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Хайруллина Л. Б., канд. техн. наук, доцент, hajrullinalb@tyuiu.ru

Махмудова М. М., магистрант, mm.mahmudova@inbox.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Нефтегазодобывающая отрасль отличается высокой взрыво- и пожароопасностью промышленных объектов. Химические реагенты, применяемые при бурении скважин, добыче и подготовке нефти, а также добываемые углеводороды и примеси к ним являются вредными веществами для растительного и животного мира, а также для человека. Кроме того, нефтегазодобыча опасна повышенной аварийностью работ, так как основные производственные процессы происходят под высоким давлением. В статье анализируются состояние основных фондов нефтегазодобывающих предприятия, как потенциальная опасность возникновения аварийных ситуаций на объектах. Описаны актуальные причины и виды аварий на опасных производственных объектах предприятий нефтегазовых отраслей.

Ключевые слова: опасный производственный объект, нефтегазодобывающие предприятия, основные фонды, аварии, риски, опасность, безопасность.

Ключевой характеристикой нефтегазодобывающих отраслей является высокая потенциальная опасность производственного процесса, связанная с использованием на объектах нефтегазодобычи сложного технического оборудования. Повышению риска возникновения опасностей на объекте способствует несвоевременное обслуживание оборудования, технических систем, их модернизация и ремонт [1, с.226]. Так, современный этап развития нефтегазодобывающего сектора национальной экономики характеризуется устойчивой тенденцией роста износа основных производственных фондов, опережающего темпами роста общероссийского показателя. В

2018г. около 58% используемых фондов нефтегазовых предприятий были изношены, тогда как в 2010г. этот показатель составлял 51%. Данная ситуация отчасти является следствием высокого уровня агрессивности среды, в которой функционируют основные фонды нефтегазовых предприятий, и высокой степени их эксплуатации.

Морально и физически устаревшее оборудование предприятий эксплуатируется параллельно с процессом интенсивного внедрения передовых технологий (морские платформы, установки нового поколения и пр.). Так, в отрасли за анализируемый период наблюдается увеличение коэффициента обновления основных средств предприятий. Однако, невысокое значение коэффициента выбытия и его снижение в 2018г. относительно 2010г. позволяют предположить о росте технологического риска возникновения аварийных ситуаций на ОПО предприятий нефтегазодобывающих отраслей.

Динамика аварийности на ОПО предприятий нефтегазодобывающих отраслей за анализируемый период характеризуется циклическими колебаниями. Так, наибольшее количество аварий на ОПО отрасли зафиксировано в 2014-2015гг. (18 случаев), тогда как в предшествующие периоды и последующие годы их было значительно меньше. Помимо риска, связанного с использованием оборудования, машин и основных фондов предприятий, аварии возникают в результате нарушения производственных, организационных и прочих регламентов [4, с.61]. Основные риски возникновения аварийных ситуаций в нефтегазодобывающих отраслях представлены на рис. 1.

Анализ статистической информации об аварийных ситуациях на опасных производственных объектах предприятиях нефтегазовых отраслей, возникших в период 210-2018гг. показал изменение их видовой структуры в течение анализируемого периода. Так, в 2010г. на ОПО предприятий нефтегазодобычи 40% случившихся аварий возникли в виде пожаров и взрывов, тогда как в 2018г. их доля составляет 11% от общего числа аварий (см. рис. 2). Данная ситуация позволяет предположить о совершенствовании системы противопожарной деятельности и профилактики на объектах, а также своевременных организационных и инженерно-технических мероприятий, обеспечивающих защиту объектов хозяйственной деятельности от взрывов.

В тоже время на нефтегазовых предприятиях сегодня значительно увеличилась доля разрушений технических устройств и разливов нефтесодержащей жидкости до 46% в общем числе аварий в 2018г. с 33% уровня 2010г. (рис. 2). Данная структура подтверждает актуальность опасностей, связанных с ненадлежащим содержанием и техническим обслуживанием нефтегазового оборудования, эксплуатацией основных фондов предприятий отрасли.



Рис. 1. Риски возникновения аварийных ситуаций в нефтегазодобывающих отраслях



Рис. 2. Видовая структура аварий на ОПО предприятий нефтегазодобывающих отраслей, % [3]

В таких условиях нефтегазовым предприятиям необходимо реализовывать мероприятия по предупреждению аварийных ситуаций, обеспечению готовности к ним и реагированию [4, с.106]. Такие мероприятия должны определять возможный характер и масштаб аварийных ситуаций и предусматривать предупреждение связанных с ними рисков. Все меропр-

ятия должны быть разработаны в соответствии с размером и характером деятельности предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хайруллина, Л. Б. Состояние аварийности и травматизма на опасных производственных объектах / Л. Б. Хайруллина, Н. Л. Мамаева. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Национальной науч.-практ. конф. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2018. - С. 225-228.

2. Структура и основные показатели деятельности хозяйствующих субъектов. - Текст : электронный // Статистический бюллетень : [сайт]. – URL : <https://www.gks.ru/compendium/document/13274> (дата обращения 25.09.2019).

3. Отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году. - Текст : электронный // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору : [сайт] – URL : http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовойотчет.pdf (дата обращения 25.09.2019).

4. Хайруллина, Л. Б. Метод оценки и диагностики оборудования нефтегазовых объектов - Текст: непосредственный // Технологии технологической безопасности. - 2017. - № 4 (74). - С. 59-65.

5. Набиев, А. А. Мероприятия по локализации и ликвидации аварий на установке подготовки нефти / А. А. Набиев, Ю. В. Сивков, Е. А. Карaulьных. - Текст : непосредственный // Новые технологии - нефтегазовому региону : материалы междунар. науч.-практ. конф.– Тюмень, 2018. - С. 105-106.

УДК 504.75

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖКХ

Халецкая С. Ю., обучающийся, hallsens@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы реализации муниципальной программы по развитию благоустройства и охраны окружающей среды в г. Тюмени. Проведено исследование индекса загрязнения воды и экологического состояния водоемов города. Предложены меры по повышению экологической безопасности предприятий ЖКХ.

Ключевые слова: экологическая безопасность, муниципальная программа, экологическая культура, жилищно-коммунальное хозяйство.

На сегодняшний день большое внимание уделяется проблемам сферы жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Стоит отметить, что предприятия ЖКХ и население территорий являются основными потребителями природных ресурсов, соответственно и уровень экологической безопасности в населенных пунктах в значительной мере определяется эффективностью работы предприятий ЖКХ.

Экологическая опасность определяется как возможность ухудшения показателей качества природной среды, происходящих вследствие деятельности человека или в результате стихийных бедствий и представляющих угрозу экосистеме и человеку [1, с. 10].

Уровень загрязнения окружающей среды предприятиями ЖКХ, на первый взгляд, несравним с ущербом, наносимым предприятиями промышленного производства. Однако если учесть количество хозяйств ЖКХ, становится ясно, что уровень загрязнения экологической среды и негативного влияния на здоровье человека предприятиями ЖКХ можно считать достаточно внушительным, чтобы признать эту сферу предметом специального исследования.

Ключевой фактор, определяющий важность контроля работы предприятий ЖКХ по защите окружающей среды – большое количество предприятий. Другой фактор – близость к потребителю [2].

В целях повышения экологической безопасности сферы ЖКХ и экологической культуры населения в г. Тюмени действует муниципальная программа «Развитие благоустройства и охраны окружающей среды в городе Тюмени на 2015-2022 годы» [3]. Одной из проблем, выделенных в данной программе, является высокий уровень загрязнения поверхностных водных объектов, находящихся в муниципальной собственности города Тюмени.

Администрацией г. Тюмени было проведено исследование экологического состояния водоемов г. Тюмени. Данные объекты были признаны умеренно загрязненными. В воде исследуемых водоемов отмечается превышение нормативных значений показателей содержания железа, марганца, химического потребления кислорода. Мусор, ливневые сточные воды, нанос с дворовых территорий и дорог, плохо очищенные сточные воды в изобилии доставляют в водоемы органику. Избыток в водоеме органических веществ приводит к нарушению биологического равновесия и подавлению биологического самоочищения водоема (табл. 1).

Согласно данным таблицы 1, индекс загрязнения водных объектов г. Тюмени снижается и планируется дальнейшее снижение данного индекса, что свидетельствует о заинтересованности Администрации города в повышении экологической безопасности отрасли ЖКХ в г. Тюмени. Но при

этом проблема в корне не решается, необходим пересмотр мероприятий направленных на снижение индекса загрязнения муниципальных вод г. Тюмени (табл. 2).

Таблица 1

Индекс загрязнения воды на муниципальных водных объектах г. Тюмени [4]

	Фактические показатели		Плановые показатели			
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Индекс загрязнения воды на муниципальных водных объектах Ед.	0,8	0,6	0,6	0,56	0,56	0,55

Таблица 2

Финансирование мероприятий по охране окружающей среды г. Тюмени [4]

	Финансовые показатели, тыс. руб.					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	кассовые расходы	кассовые расходы	утверждено в бюджете г. Тюмени	утверждено в бюджете г. Тюмени	утверждено в бюджете г. Тюмени	
Финансирование мероприятий по охране окружающей среды г. Тюмени	371	738	957	847	847	847

Представленная в таблице 2 информация позволяет сделать вывод, о том, что в г. Тюмени финансируются и проводятся мероприятия по охране окружающей среды, свидетельствующие о развитии экологической безопасности и повышении экологической культуры населения в муниципальном образовании.

Невозможно оценить экологический ущерб отдельного предприятия ЖКХ. В первую очередь это объясняется многофакторностью воздействия на окружающую среду, а так же множества предприятий отрасли ЖКХ и других факторов. В этой связи оценка качества очистки и утилизации отходов предприятиями ЖКХ должна основываться в первую очередь на объективных факторах. Поэтому в условиях разработки и применения новых технологий, важно обратить внимание на разработку и реализацию комплекса мер, направленных на соблюдение требований экологической безопасности в условиях инновационного развития. Для повышения экологической безопасности предприятий ЖКХ необходимо:

– регулярно производить замеры вредных веществ в атмосфере, гидросфере, почве в непосредственной близости к предприятию ЖКХ, сравнение их с предельно допустимой концентрацией;

– усилить контроль за качеством и регулярностью вывоза твердых коммунальных отходов с дворовых территорий;

– активизировать участие населения по наблюдению, анализу и подаче сведений в соответствующие службы о нарушениях норм и правил деятельности служб ЖКХ, которые приводят к ухудшению состояния окружающей среды и здоровья населения;

– регулярно проводить мероприятия по повышению экологической культуры населения;

– усилить «экологическую» и «инновационную» компоненту образования работников сферы ЖКХ (в том числе в рамках дополнительного профессионального образования) [1].

Таким образом, указанные меры позволят усилить конкуренцию между предприятиями ЖКХ именно с позиции снижения экологических рисков, показать важность для экономики усилий каждого отдельного жителя территории по охране окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калюжина, Е. А. Экологическая безопасность промышленных предприятий : учебное пособие / Е. А. Калюжина, Н. С. Барикаева. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2018. – 154 с. – Текст : непосредственный.

2. Броницын, А. Ю. Снижение негативного воздействия предприятий ЖКХ на окружающую среду в условиях технологического развития / А. Ю. Броницын, С. П. Киселева. – Текст электронный // Экономика и экономические науки. - 2017. - № 12. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-negativnogo-vozdeystviya-predpriyatij-zhkh-na-okruzhayuschuyu-sredu-v-usloviyah-tehnologicheskogo-razvitiya> (дата обращения: 14.11.2019).

3. Муниципальная программа «Развитие благоустройства и охраны окружающей среды в городе Тюмени на 2015-2022 годы». - Текст : электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : [сайт]. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/441523302> (дата обращения: 14.11.2019).

4. Официальный портал Администрации города Тюмени : [сайт]. – URL : <http://www.tyumen-city.ru/>(дата обращения: 14.11.2019). – Текст : электронный.

ВЛИЯНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ВЕТРОВАЯ И СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА)

Ханиев Р. М., бакалавр, haniev8998@mail.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассматриваются проблемы использования альтернативной энергетики, а именно наиболее технологически её развитых отраслей солнечной и ветровой энергетики, приводящие к ухудшению экологического состояния окружающей среды. Проблема экологически безопасного использования альтернативной энергетики чрезвычайно актуальна, так как при современных темпах увеличения потребления энергии существующих запасов углеводородов России хватит на 40-50 лет. Современные реали таковы, что существование цивилизации без энергии, в современном ее виде, невозможно.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, солнечные и ветровые электростанции, ветрогенераторы, солнечные панели

Солнечные панели в процессе своей эксплуатации не являются источником негативного влияния на экологию, но проблемы возникают на стадии производства и утилизации панелей после окончания их срока службы [2]. Ведь для производства солнечных панелей используются опасные материалы как: трихлорсилан; хром; мышьяк; ртуть; свинец [4]. Также для полировки, очистки модулей, и устранения микродефектов применяют фтористоводородную кислоту. Данная жидкость агрессивна к биологическим тканям и приводит к декальцификации костных тканей. В Китае, в провинции Чжэцзян компания, занимающейся производством солнечных панелей в 2011 году, сбрасывала данную кислоту в неподалёку располагающую реку. Эти действия привели к массовой гибели рыб, птиц, также зараженная вода, которую использовали фермеры для хозяйственных нужд, привела к массовой гибели домашнего скота. При расследовании этого инцидента китайские власти обнаружили превышение допустимой нормы в 10 раз [4]. Данные химические продукты могут нанести серьёзный вред окружающей природной среде и здоровью людей при некорректной их утилизации. В настоящий момент времени проблема их утилизации не столь существенна, по той причине, что это молодая отрасль промышленной энергетики, но по данным совместной работы «IRENA» и «МЭА» под названием «End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels», было проанализировано, что к 2050 году объём накопленных солнечных панелей, отслуживших свой срок службы, достигнет 60-80 млн. тонн. Еще одна проблема солнечных панелей в том, что для промышленного использования требуется большое количество занимаемой территории, по дан-

ным специалистов «INFOLine», потребление электроэнергии в Единой энергосистеме России в 2018 году составило 1,0555 млрд МВт•ч. Для того, чтобы солнечная электростанция с мощностью энергоблоков покрыла нужду в 80 МВт•ч, ей необходимо занять площадь примерно в 0,5 кв² земли, а чтобы покрыть 0,1 нужды России в электроэнергии с помощью солнечных электростанций необходимо занять площадь примерно равной 659,7 тысяч км², это больше площади Ханты-Мансийского автономного округа (534 800 км²). Так Китай в апреле 2018 года закончил строительство крупнейшей в мире солнечной электростанции «Gonghe», площадь которой равняется 298 км², а мощность их составляет в общей сложности 3450 МВт. К примеру, площадь Тобольска составляет 222 км², а Российская Атомная электростанция Балаковская обладает суммарной мощностью 4000 МВт, при площади не превышавшей 6,5 км². Мы должны понимать, что столь большие занимаемые территории солнечными электростанциями приводят к тому, что происходит процесс снижения инсоляции на этом участке [4]. Это приводит к тому, что уменьшается поступление тепла к поверхности занимаемой территории и вследствие этого нарушаются условия конвективного потока в местах закрытых участков, что приводит к изменению направления и параметров воздушных потоков, также это приводит к неблагоприятному воздействию на растительность и почву под панелями и вследствие всего этого происходит отчуждение занимаемых территорий [1, 2].

Одним из экологически безопасных видов электроэнергии считают ветровую энергию, но и у данного вида есть факторы, которые негативно влияют на экологическое состояние окружающей среды. Ветрогенераторы из-за особенности своей работы не могут находиться вблизи друг друга по причине того, что в результате интерференции их суммарная мощность понижается [3]. Из-за этой причины ветровые электростанции занимают большие участки земли. Так, например, для выработки 1 МВт номинальной мощности они должны занимать 0,1 км² свободного пространства, соответственно для выработки 300 МВт необходимо 30 км². В России на конец 2018 года суммарная мощность ВЭС составила 139 МВт, а к 2023 планируется увеличить до 3149 МВт, соответственно для этого необходимо будет занять территорию приблизительно равной 314,9 км². Эта причина приводит к тому, что на занимаемых территориях происходит процесс отчуждения земель [1]. Также ветровые электростанции (ВЭС) являются источником повышенной опасности для крылатых существ, а именно для птиц и летучих мышей. Основная угроза для птиц состоит в размерах ветрогенераторов и скорости движения лопастей. Еще в начале 80-х размер лопастей не превышал в среднем 15 метров, а скорость вращения лопастей составляла менее 10 м/с, в современное время некоторые модели имеют общую высоту в 198 м при размахе лопастей 128 м, а скорость вращения в среднем равна 90 м/с, площадь которую отметаают такие лопасти составля-

ет 12668 м². С каждым годом высота ветрогенераторов увеличивается, и птицы не успевают отреагировать на столь быстро движущие лопасти, и соответственно шансы избежать столкновения птиц с лопастями приближаются к нулю. Летучие мыши погибают в основном не от лопастей, а от возникающего ветрового давления, оно настолько мощное, что уже на расстоянии примерно 100 м в организме мыши возникает процесс внутреннего кровоизлияния с летальным исходом [2]. Так, например, по данным испанского орнитологического общества каждый год 18 тысяч местных ветряков прерывают жизни от 6 до 18 млн. птиц и летучих мышей. Также ветрогенераторы являются источником инфразвука [2]. Опасность заключается в том, что его воздействие происходит не только через слуховые анализаторы, но и через механорецепторы кожи. Нервные импульсы, возникающие под воздействием инфразвука, нарушают работу различных отделов нервной системы, из-за этого явления мелкие животные покидают привычное место обитания, которое было на месте, где находится ветрогенератор [1, 2].

В заключении хотелось бы отметить, что необходимо решать проблемы, которые стоят перед солнечной и ветровой энергетикой. Ведь запасы углеводородов ограничены и эти виды энергии будут нам необходимы, так как их потребление неуклонно растет и представление будущего цивилизации невозможно без возобновляемых источников энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сивков, Ю. В. Природообустройство и ресурсосбережение : учебное пособие / Ю. В. Сивков. – Тюмень : ТИУ, 2016. – 148 с. – Текст : непосредственный.
2. Арутюнов, В. С. Нефть XXI. Мифы и реальность альтернативной энергетики / В. С. Арутюнов. – Москва : ЭКСМО, 2016. – 208 с. – Текст : непосредственный.
3. Кашкаров, А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А. П. Кашкаров. – Москва : ДМК-Пресс, 2015. – 144 с. – Текст : непосредственный.
4. Экологические последствия развития солнечной энергетики / Н. С. Картмышива, Е. С. Картамышева, И. А. Вахрушин, Ю. В. Трескова. – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2015. – 62 с. – Текст : непосредственный.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ОСВОЕНИИ СКВАЖИН. ГНВП

Чифилёв С. М., бакалавр, mr.chifiliov@mail.ru

г. Нижневартовск, филиал Тюменского индустриального университета

Аннотация. В данной статье рассматривается одна из важнейших экологических проблем в нефтегазовой отрасли – газонефтеводопроявления при освоении скважин, подчёркивается актуальность данной проблемы. Описаны признаки и последствия ГНВП. В статье рассмотрены категории скважин по риску образования ГНВП. Приведён список мер, предотвращающих образование ГНВП при освоении скважин. Описан порядок действий по ликвидации ГНВП, позволяющий минимизировать вред окружающей среде и производству.

Ключевые слова: ГНВП, экологическая безопасность, промышленная безопасность, освоение скважин.

Одним из важнейших компонентов в развитии энергетического комплекса Российской Федерации является углеводородное сырьё. Однако развитие энергетики сталкивается с рядом проблем, так как нефтегазодобывающая промышленность является одной из самых экологически и промышленно опасных отраслей хозяйствования. Она отличается значительной загрязняющей способностью и высокой взрывопожароопасностью промышленных объектов. Различные вещества, используемые в нефтяной промышленности при бурении, освоении скважин, а также добываемые углеводороды и их примеси, являются веществами, вредными для всего растительного и животного мира и человека [1]. Одной из актуальных экологических проблем в ТЭК является загрязнение природной среды данными веществами в следствии ГНВП при освоении скважин.

ГНВП (Газонефтеводопроявление) – это поступление пластового флюида (газ, нефть, вода, или их смесь) в ствол скважины, не предусмотренное технологией работ при ее строительстве, освоении, ремонте и эксплуатации.

Признаки ГНВП:

- Перелив жидкости из скважины при отсутствии циркуляции;
- Увеличение объёма промывочной жидкости в приёмных ёмкостях при бурении или промывке скважины;
- Увеличение скорости потока промывочной жидкости из скважины;
- Уменьшение, по сравнению с расчётным объёмом, объёма доливаемой жидкости при подъёме инструмента;
- Снижение высоты столба промывочного раствора при технологических остановках и простоях скважины;

- Снижение плотности промывочной жидкости при промывке скважины.

Дальнейшее развитие ГНВП может привести к выбросу из скважины пластового продукта или промывочного/бурового раствора и к аварийному фонтанированию, которое может создать взрывопожароопасную ситуацию [2].



Рис. 1. Открытый фонтан при ГНВП

В целях экологической и промышленной безопасности, работы по освоению и испытанию скважин могут быть начаты при обеспечении следующих условий: эксплуатационная колонна должна быть опрессована совместно с колонной головкой и превенторной установкой (фонтанной арматурой), эксплуатационная колонна должна быть герметична при максимально ожидаемом давлении на устье скважины. Комплекс работ по освоению скважины должен предусматривать меры, обеспечивающие исключение закупорки пласта при вторичном вскрытии, предупреждение прорыва пластовой воды и газа из газовой шапки, охрану недр и окружающей среды.

По степени опасности ГНВП скважины делятся на 3 категории:

1) Все газовые скважины. Нефтяные скважины, в которых наблюдаются газовые пропластки. Нефтяные скважины с газовым фактором 200 и более. Нефтяные и газовые скважины, в которых пластовое давление выше гидростатического более чем на 10%. Все скважины с отсутствием циркуляции.

2) Нефтяные и газовые скважины, в которых пластовое давление превышает гидростатическое не более чем на 10%. Нефтяные скважины с газовым фактором менее 200.

3) Нефтяные и газовые скважины, в которых пластовое давление равно или ниже гидростатического.

В зависимости от категории скважины выбирается устьевое противовыбросовое оборудование. В состав устьевого оборудования при ремонте скважины входит колонная головка, крестовина, задвижки, один или два

превентора. При ведении работ по освоению скважины с открытым устьем в случае начала ГНВП герметизация производится в трёх местах в определённом порядке. Сначала герметизируется кольцевое пространство между НКТ и эксплуатационной колонной при помощи трубных плашек превентора. Затем герметизируются НКТ перекрытием шарового крана на аварийной трубе. В заключении герметизируется скважина в районе крестовины перекрытием коренных задвижек. Если в процессе проявления на устье скважины ощущается запах газа, то все работы по герметизации осуществляются в противогазах

После того, как устье скважины будет загерметизировано, необходимо заглушить двигатель подъёмника, обесточить электрооборудование, доложить о произошедшем проявлении руководству цеха по ремонту скважин. Каждые 10 минут фиксируется в вахтовом журнале давление на эксплуатационную колонну в затрубном пространстве скважины, и в случае достижения им порядка 80% от допустимого давления затрубное пространство скважины необходимо разряжать на ёмкость по 3-4 атмосферы. После разрядки скважины наблюдение за ростом давления в кольцевом пространстве продолжается, так как может подойти следующая пачка газа. После герметизации скважины необходимо каждые два часа проводить контроль воздушной среды в точках бригады, которые указаны в перечне, утверждённом техническим директором организации, проводящей ремонт скважин.

Таким образом, при соблюдении мер промышленной и экологической безопасности, при надлежащем уровне организации работ, подавляющее большинство своевременно обнаруженных ГНВП могут быть ликвидированы силами бригад освоения и ремонта скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдова, С. Л. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: учебное пособие / С. Л. Давыдова, В. И. Тагасов. – Москва : РУДН, 2004. – 106 с. – Текст : непосредственный.

2. Правила по нефтегазовому оборудованию морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов, плавучих буровых установок и морских стационарных платформ : НД 2-090601-005 : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 07.12.16 : ввод в действие с 01.01.17. – Санкт-Петербург : РМРС, 2017. – 165 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.3

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
ИНДУКЦИОННО-РЕЗИСТИВНЫХ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОГРЕВА ТРУБОПРОВОДОВ
НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Азисов У. Р., магистрант, azisovu@gmail.com

Аксарин Д. А., магистрант, aksarinda@mail.ru

Антипин В. А., магистрант, zenit-vizi-god@yandex.ru

Кислицын А. С., магистрант, aleksanderkisl@gmail.com

Паутов Д. Н., канд. техн. наук, доцент кафедры ЭЭ, pautovdn@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Электрический обогрев важных технологических объектов на различных промышленных предприятиях в настоящее время уже не редкость. Однако вопрос о том какой вид обогрева лучше использовать до сих пор обсуждаем. Цель статьи показать преимущество индукционно-резистивных систем электрического обогрева и перспективы их использования на объектах нефтегазохимического комплекса. Рассмотрены конструкция и принцип работы системы индукционно-резистивного обогрева. Приведены её преимущества и недостатки. Сделаны выводы о перспективе использования данной системы.

Ключевые слова: индукционно-резистивный обогрев, нефтегазохимический комплекс, перспективы.

Нагрев и поддержание заданных температур различных технологических жидкостей на нефте- и газоперерабатывающих предприятиях является необходимым условием протекания технологического процесса. Крупные перерабатывающие мощности расположены на территории Российской Федерации в районах с низкими значениями температуры в холодное время года. Этим обусловлена важность задачи создания простой, надежной и экономичной системы электрического обогрева технологических резервуаров и трубопроводов, особенно в условиях отрицательных температур.

В настоящее время существует несколько основных видов электрообогрева: применение греющих резистивных и саморегулирующихся кабелей; применение систем индукционно-резистивного обогрева.

Последние, в свою очередь, подразделяются на непосредственные, в которых индуктор крепится непосредственно на нагреваемую поверхность, и промежуточные - индуктор расположен внутри трубы из ферромагнитного материала, прикрепленной непосредственно к нагреваемой поверхно-

сти путем приваривания, с помощью болтовых и иных специализированных крепежных элементов через слой теплопроводящей пасты.

В данной работе рассмотрено применение системы индуктивно-резистивного обогрева промежуточного, как наиболее перспективной.

Принцип работы указанной системы крайне прост. Внутри ферромагнитного материала, в качестве которого обычно применяется низкоуглеродистая стальная труба диаметром от 30 до 60 мм, с толщиной стенки 3 - 4 мм, расположен одно- или многожильный гибкий медный проводник в термостойкой изоляции - индуктирующий проводник. В качестве индуктирующего проводника используют кабели марки РКГМ или ПАЛ, имеющие рабочую температуру до 180 °С

Одножильный проводник, проходя сквозь трубу, замыкается на нее на конце, при этом труба выступает в качестве обратного провода.

При протекании тока через проводник вокруг него образуется электромагнитное поле, пронизывающее окружающую проводник трубу - нагреваемый проводник, при этом энергия этого поля превращается в тепло, вызвано это протеканием вихревых токов в короткозамкнутом проводнике, образуемым стенками трубы. Значительная часть получаемой тепловой энергии (86,4%) выделяется в слое равном глубине проникновения Δ [1].

$$\Delta = 503 \cdot \sqrt{\rho / (\mu f)}, \quad (1)$$

где ρ – удельное сопротивление материала, Ом/м; μ – магнитная проницаемость; f – частота, Гц;

При применении тока промышленной частоты поле сосредоточено на внутренней поверхности нагреваемого проводника, благодаря этому внешняя его поверхность остается электрически нейтральной относительно земли - токи утечки не возникают.

Также дополнительный нагрев осуществляется за счет эффекта Джоуля-Ленца при протекании тока по индуктирующему проводнику.

Нагреваемая труба передает свое тепло стенкам технологического трубопровода или резервуара посредством теплопроводности [2].

Для уменьшения тепловых потерь, а также для защиты работников предприятия от воздействия повышенных температур, применяется дополнительная тепловая изоляция трубопроводов и резервуаров.

При применении многожильного проводника возможно создание взрывопожаробезопасных греющих систем. Для этого одна жила (группа жил) используется в качестве прямой, другая жила (группа жил) в качестве обратной, в данном случае одна из жил или их группа должны быть экранированы, а экран должен был заземлен на нагреваемый проводник.

К достоинствам приведенной выше системы индукционно-резистивного обогрева можно отнести:

1. Удобство - выполнение системы обогрева из отдельных блоков позволяет наращивать длину, вплоть до нескольких десятков километров (экономически выгодно применение ИРСН при длине обогреваемого участка более 3 км) и площадь обогреваемых участков, при отсутствии потребности в сопроводительной сети.

2. Надежность и ремонтпригодность - нагреваемый проводник надежно защищает расположенные внутри индуктирующие проводники от атмосферных и механических воздействий при этом возможно их вытягивание из участка нагреваемого проводника и замена без необходимости полного демонтажа теплоизоляционного покрова.

3. Благодаря изоляции силовой части системы электрообогрева от нагреваемого проводника, его заземлению и отсутствию потенциала на его наружной поверхности, появляется возможность применения ИРСН во взрывопожароопасных зонах [4]. Эти меры также способствуют повышению общей электробезопасности системы.

Но, несмотря на все преимущества указанной системы, она имеет и существенный недостаток, а именно зависимость напряжения питающего источника от длины греющей линии, чем обуславливается нестандартный ряд напряжений питающих подстанций, например 1,83 и 2,32 кВ.

На основе всего вышесказанного можно констатировать, что применение систем индукционно-резистивного нагрева на нефте- и газоперерабатывающих предприятиях является возможным и перспективным, при соблюдении жестких мер по взрыво- и пожаробезопасности оборудования, применяемого на опасных производственных объектах, и способно заменить собой более сложные и менее надежные применяемые системы обогрева с помощью резистивных и саморегулирующихся кабелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кувалдин, А. Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали / А. Б. Кувалдин. – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 200 с. – Текст : непосредственный.

2. Макулов, И. А. Оборудование и особенности применения индукционного нагрева в нефтегазовой промышленности / И. А. Макулов, Ю. А. Никитин. – Текст : непосредственный // Аналитический научно-технический журнал «Промышленный электрообогрев и электроотопление». - 2014. - № 3. - С. 50-53.

3. Мешкалин, Д. С. Преимущества применения систем индукционного обогрева трубопроводов / Д. С. Мешкалин, М. М. Ларченко, В. С. Яблокова. – Текст : непосредственный // Научно-технический журнал «Теория. Практика. Инновации» июль 2017. – 2017. – С. 216-219.

4. Паутов, Д. Н. Взрывозащищенное оборудование технологических комплексов / Д. Н. Паутов, Е. М. Костоломов, В. А. Копырин. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2015. – 170 с. – Текст : непосредственный.

УДК 612.314.522

РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОГРУЖНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО ПАРАМЕТРАМ Т-ОБРАЗНОЙ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ

Аникин В. В., преподаватель, v-anikin2012@mail.ru

г. Нижневартовск, Нижневартовский государственный университет

Аннотация. В нефтедобывающей отрасли самым распространённым электродвигателем является трехфазный погружной асинхронный двигатель с частотным регулированием. В цеховых условиях сервисных предприятий актуальной является задача оценки измененного технического состояния двигателя прошедшего техническое обслуживание и ремонт. Одним из ключевых параметров отражающий состояние и параметры двигателя является его механическая характеристика. Для получения всех рабочих характеристик исследуемого двигателя были использованы параметры его схемы замещения на базе которых разработана специализированная программа позволяющая построить семейство рабочих характеристик.

Ключевые слова: погружной асинхронный электродвигатель, энергетические показатели, схема замещения, рабочие характеристики

Асинхронные двигатели являются самыми простыми по конструктивному исполнению, обслуживанию и ремонту, надёжными при эксплуатации в условиях высоких температур и агрессивной среде нефтяного месторождения.

Погружной асинхронный электродвигатель преобразует электрическую энергию, которая поступает от станции управления в механическую энергию для приведения в движение лопастей центробежного насоса, поднимающий пластовую жидкость на поверхность [1]. Одной из основной характеристик асинхронного электродвигателя является его зависимость скорости от создаваемого момента на валу – механическая характеристика, которая позволяет согласовать механические параметры двигателя и центробежного насоса. Все свойства погружного асинхронного двигателя работающего под нагрузкой отражают его рабочие характеристики показывающие изменения его энергетических показателей в функции изменения нагрузки на валу [2, 3].

Особую актуальность приобретает задача оценки изменённого технического состояния погружных асинхронных электродвигателей про-

шедших капитальный или средний ремонт в сервисных предприятиях по ремонту нефтепогружного оборудования. Рабочие характеристики ремонтных асинхронных электродвигателей могут значительно отличаться от характеристик нового двигателя, что может привести к отклонению параметров технологического процесса нефтедобычи.

Для получения рабочих характеристик асинхронного двигателя используя его схему замещения «Рис. 1» показана Т-образная схема замещения [4, 5].

Где r_1 , r_2 , r_m – активные сопротивления соответственно фазы статорной обмотки, обмотки ротора и ветви намагничивания

x_1 , x_2 , x_m – индуктивные сопротивления рассеяния соответственно фазы обмотки статора, обмотки ротора и ветви намагничивания

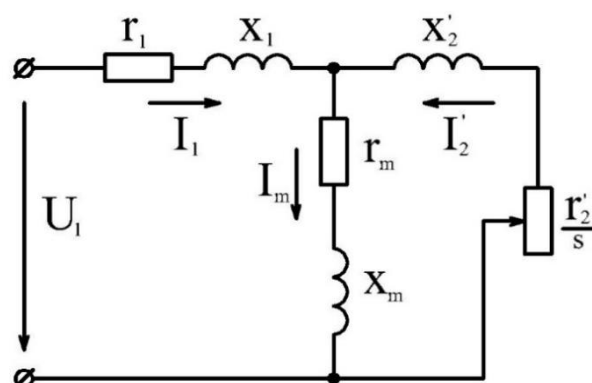


Рис. 1 Схема замещения асинхронного электродвигателя

Расчет и построение рабочих характеристик посредством параметров Т-образной схемы асинхронного электродвигателя в функции от скольжения можно выразить соотношениями:

Ток в обмотке статора ПЭД

$$I_1 = \frac{U_1}{\sqrt{3} \cdot z} \quad (1)$$

Выходная мощность ПЭД

$$P_2 = m_1 \cdot |I_2|^2 \cdot \frac{r_2}{s} \cdot (1-s) \quad (2)$$

где I_2 приведенный ток в обмотке ротора ПЭД

Вращающий момент на валу ПЭД

$$M_2 = \frac{m_1 \cdot P}{100 \cdot \pi} \cdot |I_2|^2 \cdot \frac{r_2}{s} \cdot (1-s) \quad (3)$$

Суммарные потери мощности в ПЭД

$$\Delta P = m_1 \cdot |I_1|^2 \cdot r_1 + m_1 \cdot |I_m|^2 \cdot r_m + m_1 \cdot |I_2|^2 \cdot r_2 \quad (4)$$

где I_m ток в ветви намагничивания ПЭД

Коэффициент полезного действия ПЭД

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} \quad (5)$$

Реактивная мощность ПЭД

$$Q = m_1 \cdot |I_1|^2 \cdot x_1 + m_1 \cdot |I_m|^2 \cdot x_m + m_1 \cdot |I_2|^2 \cdot x_2 \quad (6)$$

Коэффициент мощности ПЭД

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (7)$$

где S полная мощность ПЭД

Подстановка в выражения 1...7 величин скольжений от номинального s_n , до режима холостого хода при $s=0$ позволяет определить любые параметры погружного асинхронного электродвигателя [6]. На основе формул 1...7 разработана программа SZ_MH11 для оперативного определения эксплуатационных параметров ПЭД реализованная в системе MatLab 7 [7].

Исходные данные для программы SZ_MH11 параметры T-образной схемы замещения ПЭД заносятся пользователем в соответствующие поля программы «Рис. 2».

Начало расчета осуществляется кнопкой «Расчет». Кнопкой «каталожные данные» на панель управления выводятся каталожные (паспортные) параметры испытуемого двигателя «Рис. 2». При выборе «Дополнительные возможности» происходит построение рабочих характеристик асинхронного двигателя.

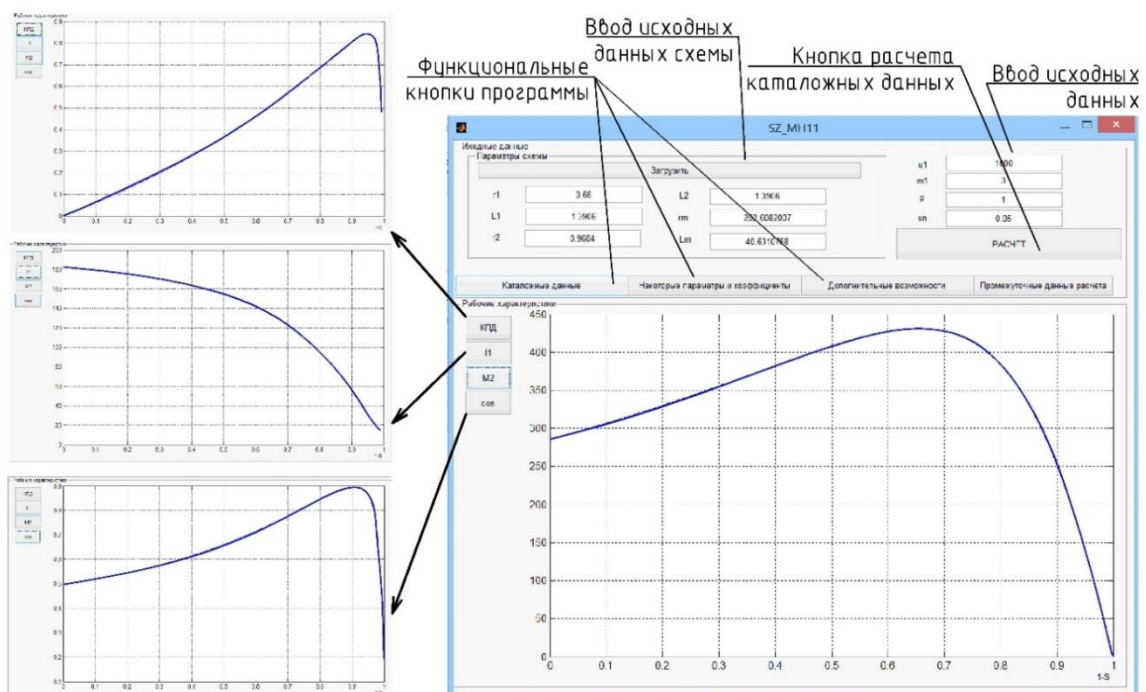


Рис. 2 Панель управления (интерфейс) программы SZ_MH11.

Для оценки адекватности разработанной программы было исследовано несколько двигателей марки ПЭД [8] минимальные отклонения имеет – коэффициент полезного действия η и $\cos\varphi$ (не более -2%). Максимальное отклонение, достигающее -9,67%, имеет входной ток двигателя.

Результаты разработанного программного обеспечения показывает достаточную степень точности программы SZ_MH11, и определяет ее целесообразность для для определения изменившегося технического состояния погружного асинхронного электродвигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивановский, В. Н. Установки погружных центробежных насосов для добычи нефти / В. Н. Ивановский, С. С. Пекин, А. А. Сабиров. – Москва : «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2002. – 256 с. – Текст : непосредственный.

2. Кади-Оглы, Е. Ф. Систематизация параметров и характеристик некоторых погружных асинхронных двигателей с учетом насыщения / Е. Ф. Кади-Оглы. – Текст : непосредственный // Вестник ХГПУ «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика». – 1998 - С. 305 – 306.

3. Сивокобыленко, В. Ф. Метод расчета схем замещения и пусковых характеристик глубокопазных асинхронных двигателей / В. Ф. Сивокобыленко., В. А. Павлюков., Х. Хенниуи. – Текст : непосредственный // Электротехника. - 1998. - № 3. - С. 38 - 41.

4. Аникин, В. В. Способ определения электромагнитных параметров погружных асинхронных электродвигателей / В. В. Аникин., Р. Н. Хамитов. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. - 2019. - № 3. - С. 33 - 37.

5. Мощинский, Ю. А. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины по каталожным данным / Ю. А. Мощинский., В. Я. Беспалов., А. А. Кирякин. – Текст : непосредственный // Электричество. - 1998. - № 4. - С. 38 - 42.

6. Ковалев, В. З. Определение эксплуатационных параметров погружных асинхронных электродвигателей по идентификационным параметрам Т-образной схемы замещения / В. З. Ковалев., Р. Н. Хамитов., Е. М. Кузнецов [и др.]. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. - 2018. - № 6. - С. 36 - 40.

7. Кетков, Ю. Л. MATLAB 7 программирование, численные методы / Ю. Л. Кетков., А. Ю. Кетков., М. М. Шульц. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 737 с. – Текст : непосредственный.

8. ГОСТ 18058-80. Двигатели трехфазные асинхронные короткозамкнутые погружные серии ПЭД : государственный стандарт СССР : издание официальное : утв. и введ. в действие Постановлением Госстандарта

СССР от 31 декабря 1980 г. № 6341 : введ. взамен ГОСТ 18058-72 : дата введ. 1981-06-30 / разработан НИИ «Техмаш». - Москва : Издательство стандартов, 1981. - 44 с.

УДК 621.315.05

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ВНЕЗАПНОМ ДЕФИЦИТЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Антропова В. Р.¹, преподаватель, vikyantropova@yandex.ru

Лосев Ф. А.², ст. преподаватель кафедры ЭЭ

¹г. Нижневартовск, Нижневартовский нефтяной техникум

²г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Разработка комплексного подхода к определению числа и состава потребителей при внезапных дефицитах активной мощности является актуальной задачей. Целью работы является снижение недоотпуска электрической энергии от срабатывания противоаварийной автоматики при возникновении дефицита активной мощности в энергосистеме. Применяется комплексный метод для обоснования числа и состава отключаемых потребителей, которые учитывают влияние окружающей среды на работоспособность оборудования, технологию, техническое состояние технологического и электрооборудования и устойчивость электротехнической системы при резком сбросе и наборе мощности.

Ключевые слова: автоматическая частотная разгрузка, дефицит мощности, техническое состояние, интеллектуальный регулятор, устойчивость электротехнической системы.

Предотвращение, локализация и ликвидация нарушений нормального режима электроснабжения нефтепромысловых потребителей возлагается на специальные автоматические устройства противоаварийной автоматики (ПА). В настоящее время широкое распространение в энергосистеме (ЭС) получила различного рода противоаварийная автоматика (автоматическая частотная разгрузка (АЧР), специальная автоматика отключения нагрузки (САОН)) [1]. Следующим обстоятельством, приводящим к периодическому ограничению электропотребления, является напряженность в обеспечении электрической энергии нефтегазового комплекса, то есть в период прохождения максимума нагрузки возможны случаи кратковременного отключения наиболее энергоемких потребителей [2]. Использование противоаварийных систем позволяет избежать развития аварий в энергосистеме и отключения большого количества потребителей.

В нашем случае, к ЭС, в том числе, относятся электрические системы распределенной генерации и собственная генерация на стороне потре-

бителя, которые включают в себя возобновляемые источники электроэнергии (ВИЭ).

Одним из условий сохранения объема выпускаемой продукции при срабатывании ПА является то, что возможные отключения не должны приводить к невыполнению потребителями нефтегазового комплекса плана по добыче нефти и попутного нефтяного газа [3], поэтому разработка комплексного подхода к определению числа и состава потребителей при внезапных дефицитах активной мощности является актуальной задачей.

Комплексный подход к определению потребителей включает в себя (Рис.1) учет следующих факторов: влияние окружающей среды на работу электрооборудования и электрических сетей, технологические особенности процесса добычи нефти и ее реакции на внезапные отключения потребителей, техническое состояние технологических агрегатов и электрооборудования [4]. Кроме того, необходимо учитывать устойчивость электротехнической системы при резком сбросе и наборе нагрузки при возникновении и исчезновении дефицита мощности в энергосистеме.

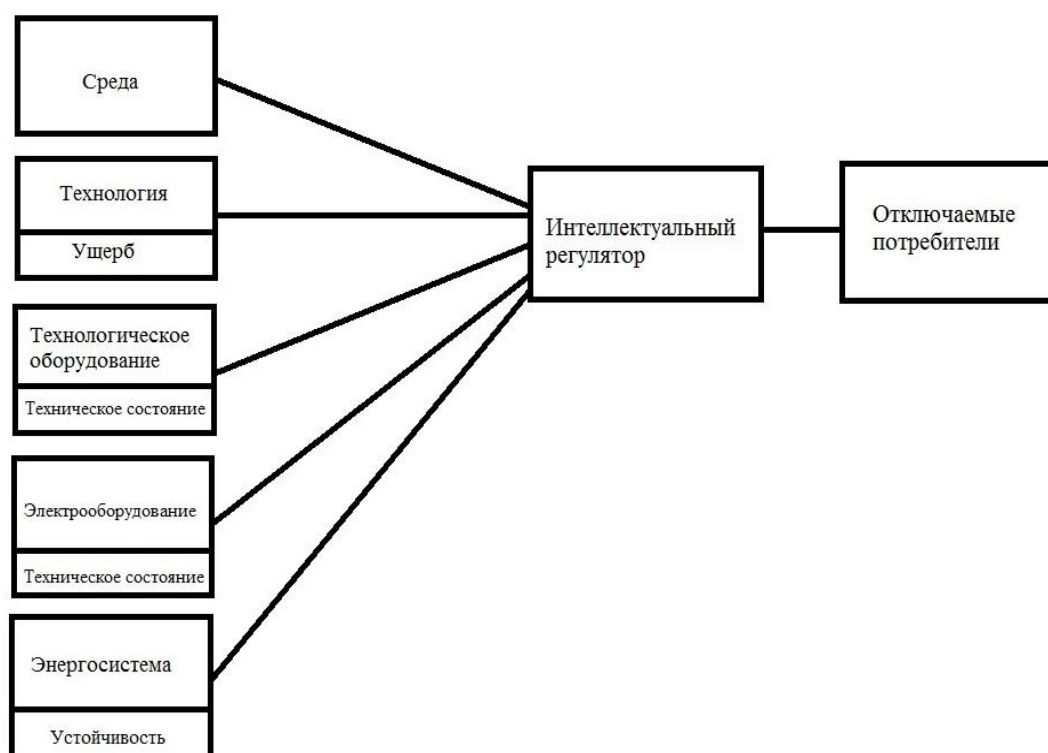


Рис. 1. Схема комплексного подхода определения отключаемых потребителей при внезапных дефицитах активной мощности

На вход интеллектуального регулятора подаются сигналы о текущем состоянии окружающей среды и технологического оборудования и запасе устойчивости системы, далее регулятор принимает решение по количеству и составу отключаемых потребителей. Сигнал с регулятора подается на

выключатели. В основе интеллектуального регулятора могут лежать методы искусственного интеллекта, например, искусственная нейронная сеть, в этом случае понадобится дополнительное обучение нейронной сети, также регулятор может быть построен на базе нечеткой логики, что позволит ускорить процесс настройки, но уменьшит точность принимаемых решений.

Таким образом, разработка комплексного подхода к определению числа и состава потребителей при внезапных дефицитах активной мощности позволит уменьшить недоотпуск продукции нефтедобывающими предприятиями. В дальнейшем предполагается разработать интеллектуальный регулятор для принятия решений по отключению потребителей при внезапных дефицитах активной мощности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, О. П. Противоаварийное управление в энергосистемах при глубоких снижениях напряжения / О. П. Алексеев, Б. К. Максимов. – Текст : непосредственный // Энергетик. – 2008. - № 11. - С. 2-4.

2. Гладких, Т. Д. Методика распределения объемов ввода аварийных ограничений электропотребления нефтепромысловых потребителей Западной Сибири при возникновении дефицита мощности в энергосистеме / Т. Д. Гладких, В. В. Сушков. – Текст : непосредственный // Промышленная энергетика. – 2010. - № 10. - С. 23-26.

3. Фролов, В. П. Энергосбережение в системе поддержания пластового давления / В. П. Фролов. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и диагностика: Труды Тюменского нефтяного научно-технологического центра. - 1999. - № 4. - С. 121–130.

4. Сушков, В. В. Оценка вибрационного состояния электроцентробежных насосов на основе интеллектуальной системы диагностирования / В. В. Сушков. – Текст : непосредственный / Нефтяное хозяйство. - 2011. - № 2. – С. 104-106.

ПРОЕКЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ RL-ЦЕПИ

Антышкин Д. И., обучающийся, antyaskin.dmitriy@gmail.com.

Глазырин А. С., д-р техн. наук, доцент, asglazyrin@tpu.ru.

Боловин Е. В., канд. техн. наук, ассистент, bolovinev@mail.ru

Слепнёв И. Г., обучающийся, slepnev.i@mail.ru

г. Томск, Томский политехнический университет

Аннотация. На примере простейшего электротехнического объекта (RL-цепи) продемонстрированы перспективность, работоспособность и точность проекционного алгоритма для решения задачи идентификации.

Ключевые слова: идентификация параметров, проекционные алгоритмы, система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

При решении задач идентификации параметров регулируемого асинхронного электропривода невозможно обойтись без решения дифференциальных уравнений, которое на практике сводится к решению систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) [1].

При решении СЛАУ перспективно применение итерационных методов, сводящихся к последовательному расчету приближенных значений искомых оценок до тех пор, пока полученное после очередной итерации приближенное решение не будет удовлетворять установленному значению точности.

Среди достаточно большого числа итерационных методов решения СЛАУ в задачах идентификации параметров асинхронных электроприводов наиболее перспективными являются проекционные методы. Основоположник данных методов, Стефан Качмаж, в работе [2, 3] предложил итерационный метод решения СЛАУ, отличающийся своей относительной простотой и понятной геометрической интерпретацией, и другими преимуществами, такими как:

1. Самое важное качество – гарантированная устойчивость процесса оценивая параметров и помехоустойчивость решения;
2. Не требуется больших вычислительных мощностей;
3. Нет накопления ошибки в процессе итераций;
4. Пригодны для применения в системах реального времени;

Известный недостаток медленной сходимости проекционных алгоритмов может быть преодолен за счет успешно выполненной процедуры преобуславливания СЛАУ [4].

Для тестирования алгоритмов идентификации параметров регулируемых АД оказывается исключительно полезен режим неподвижного рото-

ра [5, 6], который при известных допущениях может быть рассмотрен в качестве эквивалентной RL -цепи с сопротивлением R , индуктивностью L , входным напряжением $U_{BX}(t)$, током $i(t)$.

Уравнение равновесия RL -цепи по второму закону Кирхгофа с исходными параметрами $R=10$ Ом $L=0.1$ Гн, $f=50$ Гц $U_{BX}(t) = \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$ В:

$$U_{BX}(t) = R \cdot i_L(t) + L \cdot \frac{di_L(t)}{dt} \quad (1)$$

После проведения алгебраизации, дискретизации и составления СЛАУ из уравнений, рассчитанных на текущем шаге (k) и за 50 шагов до него ($k-50$), получим:

$$\begin{cases} U_{BX_k} = R \cdot i_{L_k} + L \cdot D \cdot i_{L_k} \\ U_{BX_{k-50}} = R \cdot i_{L_{k-50}} + L \cdot D \cdot i_{L_{k-50}} \end{cases} \quad (2)$$

Для идентификации параметров представим СЛАУ в матричной форме, включающую оценки $[\hat{R} \ \hat{L}]$ искомых параметров:

$$\begin{bmatrix} U_{BX_k} \\ U_{BX_{k-50}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{L_k} & D \cdot i_{L_k} \\ i_{L_{k-50}} & D \cdot i_{L_{k-50}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{R} \\ \hat{L} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Значение цифровой производной найдено по формуле обратной разности: $Di_{L_k} = \frac{i_{L_k} - i_{L_{k-1}}}{\Delta t}$.

Процедура идентификации эквивалентной RL -цепи на основе проекционного алгоритма реализуется на основе формулы Качмажа:

$$p_k = p_{k-1} + \frac{(b_k - a_k^T p_{k-1}) a_k}{a_k^T a_k} \quad (4)$$

При применении этого метода для идентификации параметров эквивалентной RL -цепи получены следующие значения:

$R=9,951$ Ом; $L=0,1$ Гн

Решение было получено за 6000 точек, что соответствует временному промежутку равному 0,03 с (при $\Delta t = 5 \cdot 10^{-6}$), что говорит о высоком быстродействии представленного метода при применении его для идентификации параметров. Значение оценки индуктивности полностью совпало с исходным значением, погрешность оценивания сопротивления составила $\sim 0,5\%$, что может быть объяснено использованием простейшего метода вычисления цифровой производной и является допустимым для использования в инженерной практике. Использование более сложных методов цифрового дифференцирования позволит ещё больше уменьшить полученную погрешность.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что проекционные алгоритмы действительно хорошо показывают себя при использовании их для идентификации параметров регулируемых электроприводов. Полученные погрешности значений оценок и реальных параметров

составляют не более 1 %, что является допустимым при решении многих инженерских задач. Высокое быстродействие получения оценок разработанным методом также говорит о перспективности использования разработанного метода для решения задач идентификации параметров объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боловин, Е. В. Разработка алгебраических методов идентификации параметров асинхронных двигателей на основе дискретных моделей : дис. ... канд. техн. наук / Е. В. Боловин ; ВГАОУ ВО НИ ТПУ – Томск, 2018. – 271 с. – Текст : непосредственный.

2. Kaczmarz, S. Angenäherte Auflösung von Systemen linearer Gleichungen / S. Kaczmarz. – Direct text // Bulletin International de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres. – 1937. – V. 35. – P. 355–357.

3. Kaczmarz, S. Approximate solution of systems of linear equations / S. Kaczmarz. – Direct text // International Journal of Control. – 1993 – V.57. – №. 6. – P. 1269–1271.

4. Боловин, Е. В. Способы повышения обусловленности матриц при решении систем разностных уравнений в задачах идентификации параметров динамических объектов / Е. В. Боловин, А. С. Глазырин. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. – 2013 – Т. 322, № 2. – С. 51–55.

5. Вольдек, А. И. Электрические машины : учебник для студентов высш. техн. учеб. заведений / А. И. Вольдек. – 3-е изд., перераб. - Ленинград : Энергия, 1978. - 832 с. – Текст : непосредственный.

6. Глазырин, А. С. Разработка идентификационной модели регулируемого асинхронного двигателя с неподвижным ротором / А. С. Глазырин, Д. И. Антякин. – Текст : непосредственный // Сборник материалов IV Всерос. науч.-практ. конф. «Энергетика и энергосбережение : теория и практика». – Кемерово, 2018. – № 306. - С. 1-5.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЗОН ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Архипова О. В., ст. преподаватель, arkh82@mail.ru
г. Ханты- Мансийск, Югорский государственный университет

Аннотация. Проведено исследование взаимосвязи потребления электрической энергии с температурой окружающей среды населенных пунктов входящих в регионально обособленный электротехнический комплекс. Исходной информацией служат суточные графи-

ки нагрузки и данные о температурном режиме в девяти тестовых поселениях. Тестируемые поселения характеризуются значительным разбросом количества жителей, и разным хозяйственным укладом. Показано, что взаимосвязь потребления поселением электрической энергии и температуры воздуха, с высокой степенью достоверности аппроксимируется полиномом третьей степени.

Ключевые слова: регионально обособленный электротехнический комплекс, график электрической нагрузки

Российская Федерация имеет в своем составе огромное количество малонаселенных территорий. Прежде всего, к ним относятся Дальний Восток и Сибирь. Типичное количество жителей поселений этих территорий варьируется в диапазоне от 30 до 1000 человек. Абсолютное большинство из них относится к зоне децентрализованного энергоснабжения [1,2]. В качестве примера в данной работе рассматриваются населенные пункты, представленные в таблице 1. Их основная проблема – это удаленное расположение и, соответственно, изоляция от централизованной системы электроснабжения [3,4]. В большинстве своем, на сегодняшний день проблема электрификации изолированной от электроснабжения зоны решается за счет объединения дизель-генераторных установок (ДГУ) различного объема и мощности в электростанцию [5]. Для постоянной и бесперебойной работы дизельной электростанции (ДЭС) необходима регулярная поставка топлива. Доставка топлива в труднодоступные районы имеет ограниченные сроки в связи с погодными условиями и зависящим от них состоянием транспортных путей, что ведет к созданию значительных его запасов. Все это непосредственно влияет на повышение себестоимости производства электрической энергии и приводит к повышению экологических рисков [5,6]. К основным проблемам электроснабжения рассматриваемых населенных пунктов можно отнести: стоимость поставляемого дизельного топлива, особенности природно-климатических условий.

В настоящее время, наиболее перспективным решением проблемы электроснабжения труднодоступных районов, становится применение альтернативных источников энергии и построение с их участием гибридных электростанций (ГиЭ). Например, внедрение фотоэлектрических панелей, или ветроэлектрических установок в едином комплексе с ДГУ [1,7].

Оптимальное проектирование ГиЭ требует знания характера электрической нагрузки обеспечиваемого населенного пункта, построения достоверного прогноза потребления электроэнергии [8]. В свою очередь возникает задача учета взаимосвязи между потреблением электроэнергии и метеорологическими факторами.

Анализируемые населенные пункты децентрализованной зоны ХМАО-Югра

Населенный пункт	Установленная мощность, P_u , кВт	Максимальная потребляемая мощность, $P_{п.мах}$, кВт	Кол-во жителей, чел.
с.Няксимволь	1055	470	551
с.Ванзеват	660	312	266
д.Шугур	1000	470	693
д.Никулкино	36,6	9	50
с.Корлики	1640	534	681
п.Кирпичный	1080	460	646
п.Кедровый	2823	1231	1100
п.Урманский	2160	680	892
с.Елизарово	960	460	404

В настоящей работе установлено, что и в зимний период и в летний, связь между средними значениями температуры окружающей среды и потребляемой мощности, можно описать полиномом 3 степени при средней ошибке аппроксимации не превышающей 8,56%. Полученные коэффициенты детерминации при этом принимают значения $R^2 = 0,75$ – зимой и $R^2 = 0,78$ – летом. Высокие значения данных коэффициентов говорят о выявленной существенной зависимости потребления электроэнергии от метеорологических факторов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства ХМАО - Югры в рамках научного проекта № 18-47-860017

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипова, О. В. Методика моделирования регионально обособленного электротехнического комплекса / О. В. Архипова, В. З. Ковалев, Р. Н. Хамитов – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2019. - Т. 330. - № 1. - С. 173 – 180.
2. Елистратов, В. В. Энергетический, экологический и социально-экономический аспекты в энергоснабжении северных и арктических территорий РФ / В. В. Елистратов. – Текст : непосредственный // Экологический вестник России. - 2017. - № 11. - С. 30-35.
3. Минин, В. А. Оценка эффективности внедрения ветроэнергетических установок на дизельных электростанциях в арктической зоне РФ / В. А. Минин, А. А. Рожкова. – Текст : непосредственный // Труды Кольского научного центра РАН. - 2017. - № 1. -14 (8). - С. 93-99.
4. Ковалев, В. З. Энергетические аспекты регионально обособленного электротехнического комплекса / В. З. Ковалев. – Текст : непосред-

ственный // Вестник Югорского государственного университета. - 2015. - № S2 (37). - С. 217-218.

5. Елистратов, В. В. Автономное энергоснабжение энергокомплексами на базе возобновляемых источников энергии / В. В. Елистратов. – Текст : непосредственный // Сантехника, отопление, кондиционирование. - 2016. - № 3 (171). - С. 72-75.

6. Балабанов, М. С. Экологические аспекты в энергосберегающей политике на этапе создания в России интеллектуальных энергосистем с активноадаптивной сетью / М. С. Балабанов, С. В. Бабошкина, Р. Н. Хамитов. – Текст : непосредственный // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. - 2015. - Т. 326. - № 11. - С. 141– 152.

7. Марченко, О. В. Анализ совместного использования энергии солнца и ветра в системах автономного электроснабжения / О. В. Марченко, С. В. Соломин. – Текст : непосредственный // Промышленная энергетика. - 2016. - № 9. - С. 39-43.

8. Соснина, Е. Н. Технико-экономический анализ применения ветродизельных электростанций для электроснабжения энергоудаленных поселений / Е. Н. Соснина, А. В. Шалухо, И. А. Липужин, Т. А. Александрова. – Текст : непосредственный // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - 2016. - № 1. - С. 65-72.

УДК 621.316.9

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ

Байбосов Б. С., магистрант, bauerzhan-b@mail.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. Разработан комплекс мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в электрических сетях с последующей его реализацией в форме плана. Проведена сравнительная характеристика классических и современных систем учёта и контроля электроэнергии. Разработана и предложена к использованию модель искусственной нейронной сети для прогнозирования и расчёта потерь электроэнергии в сетях энергосистемы.

Ключевые слова: энергосбережение, потери электроэнергии, нейронные сети, прогнозирование, модель, электрическая сеть.

Постановка проблемы. Одним из основных и наиболее актуальных современных задач энергосбережения в отечественных электрических сетях энергосистемы является уменьшение потерь электроэнергии. Разработ-

ка комплекса мероприятий по минимизации потерь электроэнергии на основе нейросетевых технологий позволит значительно уменьшить погрешность расчетов и прогнозирования потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистемы и, в конечном итоге, позволит качественно нормировать показатели энергосбережения на стадии проектирования электрических сетей и контролировать качественное выполнение мероприятий по энергосбережению в них [3].

Анализ предыдущих исследований и публикаций. В рассмотренных работах специалистов [1-5] особое внимание уделяется необходимости разработки комплекса мероприятий по уменьшению (минимизации) потерь электроэнергии с внедрением инновационных решений, моделей и методик, а также совершенствования методологического и технического обеспечения для более точного и полного учета факторов, влияющих на потери электроэнергии в сетях энергосистемы.

Цель статьи. Разработка комплекса мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в современных электрических сетях с последующей его реализацией. Проведение сравнительной характеристики классических и современных систем учёта и контроля электроэнергии. Разработка методики прогнозирования технических потерь электроэнергии в современных электрических сетях энергосистемы путём внедрения современных математических моделей на основе искусственных нейросетей.

1. Разработка мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в современных электрических сетях энергосистемы.

Мероприятия по минимизации потерь электроэнергии условно разделены на этапы, которые логически связаны друг с другом [1-4]:

- на 1 этапе осуществляется непосредственное нормирование каждой группы потерь. На основе технико – экономических, нормативных, а также эмпирических данных, определяется значение максимально допустимых потерь электроэнергии для каждой группы, т.е. определяется фактический норматив потерь электроэнергии;

- на 2 этапе на основе полученных данных предыдущего этапа непосредственно производится разработка комплекса организационных мероприятий, которые направлены на организацию деятельности структурных подразделений по снижению потерь электроэнергии;

- на 3 этапе разрабатывается и внедряется комплекс технических мероприятий для каждой группы потерь с учётом их режимов работы, схем и технических характеристик.

Все перечисленные этапы являются связаны логически и должны выполняться в строгой последовательности, что в конечном итоге принесит непосредственный практический результат по минимизации потерь, а именно их снижение до установленных нормированных значений, а в случае коммерческих потерь – в идеальном случае сведение их к нулю.

2. Сравнительная характеристика классических и современных электронных систем учёта и контроля электроэнергии

Далее в работе проводится сравнительная характеристика классических и современных электронных систем учёта и контроля электроэнергии по следующим критериям (таблица 1):

- 1) автоматический сбор, регистрация, обработка и передача информации с первичных датчиков и приборов учета;
- 2) сигнализация и фиксирования аварийных ситуаций;
- 3) формирование, хранение, просмотр и распечатка технико-экономической документации;
- 4) настройка параметров и структуры системы под конкретного пользователя и режимы работы потребителя;
- 5) обеспечение контроля, фиксации и сигнализации энергопотребления для минимизации затрат энергоресурсов и тарифных платежей, а также отклонений величин энергопотребления, режимных и технологических ограничений мощности, расходов и других параметров с целью принятия оперативных решений;
- 6) оперативное прогнозирование и планирование энергопотребления потребителей;
- 7) минимальная погрешность измерения;
- 8) эстетический внешний вид и компактность;
- 9) «человеческий фактор».

Выводы. На основе сравнительного анализа показана целесообразность применения современных электронных систем учёта и контроля электроэнергии. Предложена модель нейронной сети для прогнозирования и расчёта потерь электроэнергии в соответствии с современными требованиями для применения в АСКУЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войтов, О. Н. Алгоритмы оценки потерь электроэнергии в электрической сети и их программная реализация / О. Н. Войтов, Л. В. Семёнова, А. В. Челпанова. – Текст : непосредственный // Электричество. -2005. - № 10. - С. 28–36.
2. Мирошник, А. А. Уточненные алгоритмы расчета потерь электроэнергии в сетях 0,38 кВ в реальном времени / А. А. Мирошник. – Текст : непосредственный // Проблемы региональной энергетики. - 2010. - № 2 (13). – С. 35-40.
3. Железко, Ю. С. Методы расчёта нагрузочных потерь электроэнергии в радиальных сетях 0,38-20 кВ по обобщённым параметрам сети / Ю. С. Железко. – Текст : непосредственный // Электрические станции. - 2006. - № 1. - С. 36 – 43.

4. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии в оборудовании сетей и подстанций / Ю. С. Железко. – Текст : непосредственный // Электрические станции. - 2005. - № 7. - С. 28–35.

УДК 62-83: 621.314.632

УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ: ВИДЫ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Баймухаметов М. А., магистрант, baumukhametov-maks@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский государственный аграрный университет Северного
Зауралья

Аннотация. В статье рассматриваются особенности диагностирования состояния нелинейных ограничителей перенапряжений. Описываются различные приборы, с помощью которых осуществляется диагностика, контроль и прогнозирование состояния ОПН.

Ключевые слова: нелинейных ограничителей перенапряжений, ток проводимости, ток утечки, метод тепловизионного контроля.

В настоящее время требования, предъявляемые к электроснабжению потребителей, постоянно растут, как следствие одной из актуальных задач современной энергетики является сокращение перерывов в электроснабжении, которые связаны с отключением оборудования и ЛЭП.

Во всех электрических сетях напряжением 110кВ и выше обязательно применяются нелинейные ограничители перенапряжения, которые становятся частью целой электроустановки, т.к. находятся под постоянным воздействием рабочего напряжения. Поэтому надежность ограничителей перенапряжений нелинейных считается одним из показателей надежности работы всей установки [1].

Состояние данных приборов можно оценить по току проводимости/ утечки и данным о сопротивлении изоляции, также применяется метод тепловизионного контроля (ТВК).

Принцип ТВК базируется на способности ряда материалов фиксировать излучение в инфракрасном диапазоне: оптический прибор с линзами, пропускающими инфракрасное излучение, проецирует тепловое излучение объектов на матрицу датчиков, в последствии система микросхем генерирует информацию в видеосигнал [3].

К контролю оборудования предъявляются следующие требования:
- вентильные разрядники и ОПН - не реже одного раза в 6 лет;

- вентильные разрядники и ОПН 110 кВ и выше – один раз в год перед началом грозового сезона;

- ТВК 35 кВ и ниже – один раз в три года;

- ТВК 110-220кВ – один раз в два года [2].

Эти требования, прописанные в нормативных документах заводоизготовителей, не позволяют выявить спонтанно развивающиеся дефекты.

С момента начала использования ОПН появился ряд приборов, способствующих выявлению проблем на ранней стадии их развития:

1. Миллиамперметр, который закрепляется на изолирующей штанге, он подключается последовательно с ОПН путем разрыва цепи заземления ОПН рубильником;

2. Счетчики разрядных импульсов и датчики тока, содержащие механический счетчик индикатор полного тока утечки;

3. Варисторы, не деградирующие при прохождении одиночного разряда импульса, в случае, если его энергия не превышает допустимого значения. Данные приборы не учитывали погрешности, вызванные таким влиянием окружающей среды, как дождь, снег и пр. Изобретение приборов следующего поколения приходится на начало двухтысячных годов:

1. Приборы, у которых появился счетчик разрядных импульсов с разделением по амплитуде. Данные приборы могли измерить полный ток проводимости, а также выделить третью гармонику этого тока, появляющуюся в токе ОПН, что является более информативным, по сравнению с измерением полного тока. Минусом этих импортных приборов являлась их высокая стоимость.

2. ОПН с дисконнекторами, которые устанавливаются на труднодоступных участках (в горах, близ переходов через реки, в местностях с повышенным гололедообразованием).

3. Комплект из датчика тока утечки и устройства контроля тока утечки. Плюсом этого устройства стала ценовая доступность, т.к. недорогие датчики ставились на каждую шину заземления ОПН, более дорогое оборудование использовалось в единственном экземпляре. С помощью данного комплекта можно выделять первую и третью гармоники тока утечки. Данный комплект позволяет диагностировать повреждения варисторов, увлажнение изоляции корпуса из-за разгерметизации. Недостатком данного оборудования является необходимость присоединения провода.

4. В 2011 году на отечественном рынке появляются приборы, позволяющие осуществить комплексный контроль состояния ОПН под рабочим напряжением. К плюсам данных устройств относятся:

- невысокая стоимость;

- наибольшая информативность, благодаря измерению нескольких параметров (действующее значение полного тока, ток первой, третьей и пятой гармоники, реактивная и активная составляющие тока утечки, температура окружающей среды и пр.);

- простота эксплуатации, не требующая больших временных затрат (специалист выходит на ОРУ, подходит к месту установки аппарата, нажимает на кнопку на лицевой панели, получает необходимые данные);

Минусом является то, что работа с прибором проводится при плановых проверках и перед началом грозового сезона, но ведь нарушения могут развиваться быстрее, чем их выявляет такой тип контроля.

5. Прибор контроля состояния ОПН следующего поколения, который устанавливается на шину заземления каждого ОПН на ОРУ или опоре.

Плюсом данного типа приборов является передача информации на пульт сбора данных по беспроводной связи раз в сутки, что позволяет оперативно диагностировать негативные тенденции.

6. Датчики для мониторинга состояния подвесных ОПН, которые устанавливаются на ЛЭП. Их монтируют вместе с ОПН на линии, на базовые станции системы мониторинга, устанавливаемые на опоры ЛЭП на расстоянии трех километров друг от друга. Данные передаются через сеть GSM по запросу.

7. Датчик контроля состояния ОПН четвертого поколения. К его плюсам относятся отсутствие встроенной батареи, невысокая стоимость, отсутствие необходимости обслуживания, считывание данных при помощи смартфона.

Появление новых датчиков значительно улучшило показатели средней продолжительности отключения и средней частоты отключений, а также снизило операционные затраты и повысило достоверность оценки технического состояния ОПН. Но следует отметить тот факт, что отсутствует единая нормативная база, регулирующая применение систем диагностирования и выбора ОПН для защиты ВЛ. На наш взгляд, целесообразно разработать методику, которая позволит прогнозировать неполадки ОПН с помощью полученных результатов, а также программное обеспечение, которое позволит передачу данных на автоматизированные системы по управлению производственными активами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минакова, Л. В. Анализ методов диагностики ограничителей перенапряжения и разработка устройства контроля импульсов тока : 05.09.01 : дис. ... канд. техн. наук / Л. В. Минакова ; Моск. энергет. ин-т. - Москва, 2008. - 186 с. – Текст : непосредственный.

2. Объем и нормы испытаний электрооборудования, 6-е издание, с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.10.2006 : РД 34.45-51.300-97 : утв. РАО «ЕЭС России» 08.05.1997. – 177 с. – Текст : непосредственный.

3. Самарин, Г. Н. Опыт применения инфракрасной диагностики на объектах электросетевого комплекса / Г. Н. Самарин, С. В. Соловьев, Н.

Ю. Криштопа. – Текст : непосредственный // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения : сборник научных трудов. – Санкт-Петербург, 2018. - С. 377-379.

УДК 621.3.019

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Большаков Д. А., магистрант, 4848900@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: В век информатизации, глобализации и повсеместной интеллектуализации, создание и развитие самообучающихся нейронных алгоритмов является приоритетной задачей для стратегического и конкурентного первенства отраслевых предприятий. Цель данной статьи, рассмотреть процесс внедрения искусственного интеллекта в энергетическом комплексе на примере зарубежных компаний, используя методы теоретического исследования: анализ и синтез. Создание и внедрение таких технологий, как искусственный интеллект, позволит уменьшить затраты в электроэнергетическом комплексе.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), анализ, инновационные технологии, развитие,

Инновационные технологии и их развитие являются одним из показателей благосостояния страны, так, например, в Японии на разработку инноваций направляется 3,3% от ВВП, в Германии около 3% и в России примерно 1% [1].

Для изменения данной статистики, Президент РФ подписал национальную стратегию развития искусственного интеллекта до 2030 года.

Так, в электроэнергетике инновационные технологии повышают экономические показатели функционирования энергосистем, надежность электроснабжения потребителей, качество управления режимами электроэнергетических систем [2].

Инновационные технологии производства электрической энергии реализованы на следующих электростанциях и видах генерации [2]:

1. Ветроэлектростанции;
2. Солнечные электростанции;
3. Приливные электростанции;
4. Биогенерация;
5. Мусоросжигательные электрические станции

Внедрение и развитие искусственного интеллекта в стратегии, понимаются как технологические решения, позволяющие отображать когни-

тивные функции человека и получать при выполнении тех или иных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. ИИ включает в себя IT-инфраструктуру, программное обеспечение, а также процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений.

Искусственный интеллект нашел применение и в отрасли электроэнергетики, создавая возможности для более точного прогнозирования, повышения энергоэффективности, интеллектуализации и оптимизации использования распределенных энергоресурсов. Анализ информации, находящейся в открытом доступе, показывает, что примеров использования алгоритмов искусственного интеллекта в секторе прогнозирования достаточно уже сегодня. Зависимость выработки возобновляемых источников энергии от погодных условий существенно повысила необходимость точного прогнозирования.

Испанская компания Nnergix формирует краткосрочные и среднесрочные прогнозы (от 6 часов до 10 суток) выработки возобновляемых источников с использованием алгоритмов машинного обучения [3].

Есть примеры и в области повышения энергоэффективности. Компания DeepMind Technologies Ltd., основанная в Лондоне в 2010 г. и поглощенная интернет-гигантом Google в 2014-м, сократила энергопотребление центра обработки данных Google на 40 %. Параметры работы центра, оснащенного тысячами сенсоров, были оптимизированы обучаемой нейронной сетью [3].

Еще одним примером возможного применения ИИ стала немецкая компания Schleswig-Holstein Netz AG, эксплуатирующая электрические сети в федеральной земле Шлезвиг-Гольштейн. Здесь самообучаемая сеть используется для определения мест предполагаемых повреждений. В качестве исходных данных используются сведения о сроке эксплуатации компонентов электрических сетей и проведенных ремонтах, а также информация о нагрузках и погодных условиях [3].

Инновации играют ключевую роль в развитии цивилизации и отдельных отраслей человеческой деятельности. Создание и внедрение таких технологий, как искусственный интеллект, позволит уменьшить затраты в электроэнергетическом комплексе по всему миру [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расходы на НИОКР в процентах к ВВП 2000-2017 годы. – Текст : электронный // Мировой атлас данных : [сайт]. – URL : <https://knoema.ru/atlas/topics/> (дата обращения: 25.10.2019).
2. Энергостратегия. – Текст : электронный // Министерство энергетики Российской Федерации : [сайт]. – URL : <https://minenergo.gov.ru/node/1920> (дата обращения: 25.10.2019).

3. Приливные электростанции. – Текст : электронный // Gigawat : [сайт]. – URL : <http://www.gigawat.com/pes.php> (дата обращения: 26.10.2019).

4. Всемирная ветроэнергетическая ассоциация : [сайт]. – URL : <http://www.wwindea.org/> (дата обращения: 26.10.2019). – Текст : электронный.

УДК 621.3

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

Воробьев А. В., магистрант, alex0726@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: В работе обозначается важность энергетической эффективности промышленных предприятий, также их влияние на экологическую составляющую. Анализируются основные достоинства и недостатки устройств компенсации реактивной мощности, рассматриваются методы снижения потерь активной мощности и повышения качества электроэнергии в точках потребления. Рассмотрев основные положительные и отрицательные стороны наиболее часто используемых компенсирующих устройств, можно сделать однозначный вывод о том, что их применение вполне обосновано. Однако, с созданием все более совершенных и эффективных устройств, появляется необходимость по масштабному внедрению современной техники в существующую промышленность для достижения максимального показателя энергоэффективности.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, компенсация реактивной мощности, конденсаторные батареи, синхронные компенсаторы, статические компенсаторы.

Одной из важнейших задач на сегодняшний день в России, как и во всем мире, является решение вопроса повышения энергосбережения и энергетической эффективности промышленных предприятий. Ведь именно они являются самыми крупными потребителями энергии. [1]

Для решения проблемы энергоэффективности необходим комплексный подход, ведь в первую очередь это организационно-управленческие и технологические мероприятия по многоплановому и полному использованию энергетических ресурсов.

На промышленных предприятиях весомую долю электроэнергии занимает реактивная составляющая, в виду использования устройств, вносящих серьезный вклад в ее увеличение: асинхронные двигатели – 40%, трансформаторы – 35% и преобразователи – 10%. [2] Поэтому немаловажной частью данных мероприятий является компенсация реактивной мощ-

ности, поскольку она приводит к увеличению потерь в электрической сети. Также является причиной низкого качества электроэнергии, провоцирует возникновение помех в сети, приводит к перегрузкам и броскам тока и напряжения. Правильная ее компенсация позволит: увеличить срок службы электрооборудования; увеличить качество электроэнергии у непосредственных потребителей; уменьшить количество аварий; экономить при оплате электроэнергии;

Следует отметить, что серьезным вопросом в ходе повышения энергоэффективности в промышленности, является энерго-экологический аудит предприятий. Так, у ряда специфических потребителей, стоит подчеркнуть взаимосвязь компенсации реактивной мощности с повышением качества электроэнергии, что приводит к изменению технологических (экологических) параметров производства. [3] Данный факт приводит к тому, что необходимо проводить экологический мониторинг на предприятиях тяжелой промышленности, к примеру таких как металлургические комплексы с ферросплавильными печами, ввиду их загрязняющего воздействия на экологию при производстве.

Для компенсации реактивной мощности используются различные технические средства. Наиболее широко в промышленности применяют конденсаторные батареи. [4] Объясняется это рядом преимуществ: простота монтажа и эксплуатации; небольшие габариты и масса; отсутствие вращающихся частей; возможность установки непосредственно возле электроприемника. Но также присутствуют и недостатки: дискретное регулирование мощности; чувствительность к токам короткого замыкания и перенапряжениям; высокая чувствительность к наличию высших гармоник; отрицательный регулирующий эффект.

Синхронный компенсатор или синхронный двигатель (СД) – еще одни устройства, применяемые для компенсации. Так СД является незаменимым для предприятий, имеющих постоянную нагрузку. Также синхронный компенсатор имеет преимущество перед конденсаторными батареями – возможность плавного регулирования генерируемой реактивной мощности. Главными недостатками являются наличие вращающихся частей и то, что активные потери на генерирование реактивной мощности для СД гораздо больше, чем для других компенсирующих устройств. Синхронные компенсаторы устанавливаются в точках энергосистемы, где в широких пределах изменяется график нагрузки, в связи с чем существенно меняется баланс реактивной мощности.

Применение тиристорных ключей в схемах компенсирующих устройств предоставило возможность использовать еще один вид установок – статические компенсаторы реактивной мощности (СКРМ) или статические тиристорные компенсаторы (СТК). Основными их элементами являются конденсаторы, дроссели и вентили-тиристоры. Принцип работы СКРМ заключается в том, что выпрямленным током преобразователя реак-

тор или дроссель с железом заряжается магнитной энергией, инвертирующей в сеть переменного тока с опережающим коэффициентом мощности [5]. Статические компенсаторы одновременно осуществляют: компенсацию реактивной мощности, фильтрацию высших гармоник, а также симметрирование напряжения сети. Главными недостатками СТК являются ограниченное использование данного устройства по уровням напряжения, необходимость в закрытом помещении и специальном обслуживании.

С появлением мощных биополярных транзисторов с управляемым затвором (IGBT) стала возможной реализация нового способа компенсации за счет статических синхронных компенсаторов или СТАТКОМ.

Принцип работы основан на разности напряжения сети и выходного напряжения СТАТКОМ, прикладываемого к реактору. Ряд преимуществ обусловлен некоторыми отличиями от СТК. Одним из них является возможность полноценной работы компенсатора независимо от напряжения на шинах питания, за счет запаса энергии, сохраняемой в конденсаторах. Таким образом, выходной ток компенсатора не зависит от напряжения на шинах. Еще одним важным отличием является то, что компенсатор СТАТКОМ позволяет производить полностью независимое регулирование по разным фазам и реализует обмен энергией между ними. Это позволяет вводить и регулировать токи обратной последовательности, а также выравнивать неравномерную нагрузку по фазам. [5]

В данной статье были рассмотрены возможности повышения энергоэффективности, за счет компенсации реактивной мощности и фильтрации высших гармоник. Также было обозначено влияние компенсирующих устройств на экологическую составляющую производств. Тем не менее, окончательный выбор оборудования для корректировки коэффициента мощности находится в прямой зависимости от характера нагрузок предприятия и особенностей их установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анищенко, В. А. Инвестиции в системы электроснабжения в энергоэффективность промышленных предприятий: учебно-методическое пособие / В. А. Анищенко, Н. В. Токчакова, О. В. Фёдоров. – Минск : БНТУ, 2009. – 93 с. – Текст : непосредственный.
2. Минин, Г. П. Справочник по электропотреблению в промышленности / Г. П. Минин, Ю. В. Копытов. - Москва : Энергия, 1978. – 347 с. – Текст : непосредственный.
3. Балабанов, М.С. Экологические аспекты в энергосберегающей политике на этапе создания в России интеллектуальных энергосистем с активно-адаптивной сетью / М. С. Балабанов, С. В. Бабошкина, Р. Н. Хамитов. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического

университета. Инжиниринг георесурсов. - 2015. - Т. 326, № 11. - С. 141-152.

4. Кабышев, А. В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учебное пособие / А. В. Кабышев. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 234 с. – Текст : непосредственный.

5. Ненахов, А. И. Перспективы использования устройств компенсации типа СтатКом в сетях промышленных предприятий / А. И. Ненахов, С. И. Гамазин. – Текст : непосредственный // Электрооборудование : эксплуатация и ремонт. - 2015. - № 10. - С. 30-36.

УДК 621.316.925.1

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА

Габдрахимов А. А., магистрант, zmon_lemon@mail.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. Кратковременные нарушения электроснабжения для нефтехимических, нефтедобывающих, металлургических и других предприятий могут привести к нарушению производственного цикла и повлечь за собой к авариям на производстве. Данные технологические процессы требуют бесперебойного электроснабжения. Недостаток быстрогодействия защит может стать причиной таких явлений, как отпадание пускателей, большого пускового тока электродвигателей и т.д. Поэтому актуальной является проблема исследования быстрогодействующего автоматического восстановления ввода резерва (БАВР). Целью обзорной статьи является ознакомление читателя с принципом работы БАВР.

Ключевые слова: быстродействующий автоматический ввод резерва, БАВР, АВР, релейная защита и автоматика, РЗА.

БАВР применяется для непрерывного электроснабжения потребителей переключением их на резервный источник при перерывах электропитания, обеспечивая при этом: 1) сохранение динамической устойчивости двигательной нагрузки; 2) снижение количества отключений двигателей из-за отпадания пускателей и контакторов при снижении напряжения; 3) увеличение ресурса электродвигателей ограничением токов включения; 4) сохранение электрического питания иных потребителей, в том числе систем и устройств автоматического управления подстанций, осуществляя тем самым повышение надежности электроснабжения объекта.

БАВР, при использовании быстродействующих статических, вакуумных, элегазовых вводных и секционных выключателей, обеспечивает бесперебойное электроснабжение ответственных потребителей и механизмов при различных аварийных ситуациях в энергосистеме.

Рассмотрим принцип работы БАВР на примере терминала БМРЗ-БАВР производства НТЦ «Механтотроника»

Основными признаками для срабатывания БАВР являются: направление мощности через вводные выключатели по фазам, значения напряжений на шинах, угол между напряжениями прямой последовательности секций шин.

В блоке используется шесть реле направления мощности (РНМ) по одному на каждую фазу каждого ввода. РНМ настраивается при помощи уставок "БАВР Фмч", "БАВР I_{рнм}". На Рис.1 показаны зоны срабатывания и блокировки РНМ, включенного по 90-градусной схеме.

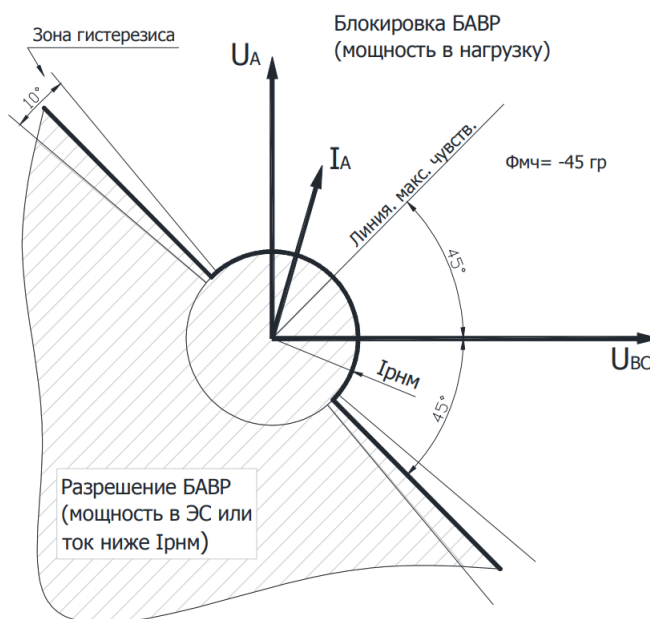


Рис. 1. Диаграмма направленности РНМ

При потере питания или коротком замыкании в питающей сети, ток через ввод либо пропадет, либо поменяет фазу относительно напряжения. В обоих случаях РНМ даст разрешение на срабатывание БАВР. Если в этих режимах напряжение понизится ниже уставки "БАВР U_{о.е.}", то срабатывает алгоритм БАВР и произойдет переключение на другую СШ.

Для нагрузки, которая поддерживает напряжение на шинах, предусмотрен пуск БАВР по углу между напряжениями прямой последовательности секций шин с контролем направления мощности.

Если угол изменится больше уставки "БАВР Фпуск" относительно предаварийного значения, то будет выдана команда на отключение ВВ. При "выбеге" двигателей, блок осуществляет прогноз значения угла на время включения выключателя СВ, чтобы ток включения был минимален. При положительном результате прогноза выдается команда на включение СВ. Включение СВ всегда обеспечивается с значением угла не более уставки "БАВР Фблок." для минимизации коммутационных переходных

процессов. На Рис.2 изображены зоны для случая "выбега" двигателей на СШ2.

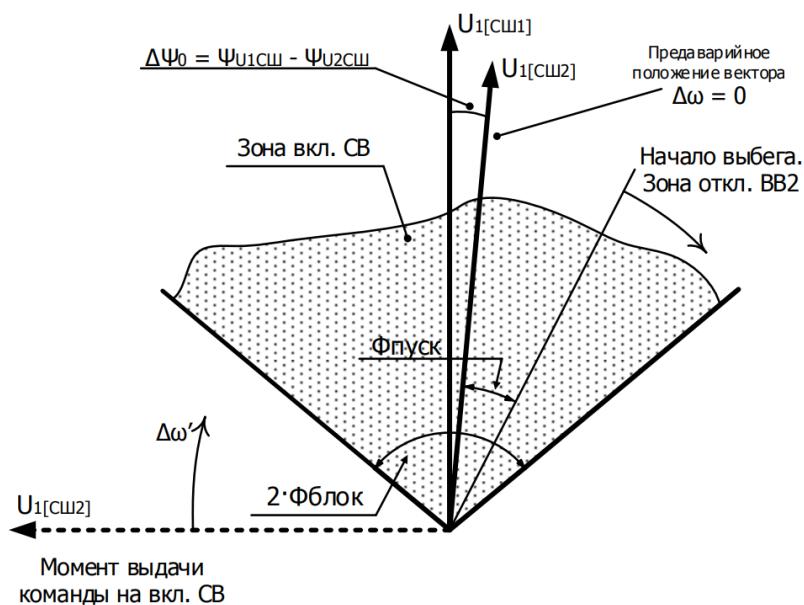


Рис. 2. Диаграмма работы БАВР по углу

Таким образом, срабатывание БАВР СШ1 (отключение ВВ1) осуществляется при:

- срабатывании одного из ПО БАВР;
- наличии сигнала "Ввод БАВР" или сигнала "Гот. схемы";
- отсутствии неисправности ТН СШ1;
- отсутствии сигнала "Запрет БАВР";
- отсутствии блокировки по напряжению 3U0;
- отсутствии блокировки по месту КЗ (КЗ на шинах).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабад, М. А. Релейная защита и автоматика на электроподстанциях, питающих синхронные двигатели / М. А. Шабад. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1984. – 64 с. – Текст : непосредственный.

2. Беляев, А. В. Противоаварийная автоматика в узлах нагрузки с мощными синхронными электродвигателями / А. В. Беляев. – Москва : НТФ Энергопроцесс, 2005. – 88 с. – Текст : непосредственный.

ПКУ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Горяинова А. В., бакалавр, goryainova.a.v@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В настоящее время в нашей стране остро стоит вопрос по энергоэффективности и снижению потерь. Одним из эффективных способов энергосбережения при внедрении инновационных технологий в энергетике является применение пунктов коммерческого учёта (ПКУ) на разных уровнях напряжения в электрических сетях.

Ключевые слова: электроэнергия, энергоэффективность, энергосбережение, пункты коммерческого учета, снижение потерь.

Главная цель организации учета электроэнергии заключается в получении достоверных данных о потреблении электрической энергии, его производства, передачи и распределении. До недавнего времени не всегда была возможность устанавливать приборы учета электрической энергии на границах балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности. Более того, немалая часть на сегодняшний день используемых счётчиков морально и физически устарели, они всё ещё индукционной системы и требуют только визуального снятия показаний.

Счётчики должны предрешать основные технико-экономические предъявляемые им следующие задачи [1]:

- денежные расчеты между энергоснабжающей организацией и потребителем за объём используемой электрической энергии;
- определение (прогнозирование) технико-экономических показателей производства электрической энергии, а также передачи и распределения в энергосистемах, то есть необходимость формирования «развёрнутого баланса» по уровням напряжения;
- определение (прогнозирование) технико-экономических показателей по потреблению электроэнергии в сельском хозяйстве, на предприятиях промышленности, в коммунально-бытовом секторе и т.д.;
- обеспечение энергосбережения и управления электропотреблением.

В случае, когда отсутствует техническая возможность установки прибора учёта на границе балансовой принадлежности, счётчик подлежит установке в ближайшем месте, где такая техническая возможность имеется. Так, например, в электрических сетях 110 кВ установка измерительных комплексов (счётчики и измерительные трансформаторы тока и напряжения) сопряжена с существенными капитальными затратами, в связи с чем учёт электроэнергии организовывается на стороне низшего напряжения, что, в свою очередь, требует введения дополнительных расчётных коэф-

фициентов для определения как потерь в линиях, так и в трансформаторах. Но и на стороне 6(10) кВ существует необходимость проведения инженерных изысканий по установке измерительных комплексов, а также обеспечением землеотвода под строительство этих комплексов, что, естественно, увеличивает сроки реализации проектов.

Все эти задачи и проблемы решаются установкой ПКУ. Во-первых, ПКУ позволяет организовать учёт электроэнергии для финансовых взаиморасчётов непосредственно на границе балансовой принадлежности различных субъектов рынка электроэнергии, а во-вторых, в настоящее время разработаны и внедряются ПКУ на разные напряжения, в том числе и в сети 110 кВ (отечественное новое инновационное устройство – автономный ПКУ типа i-TOR-110). На примере i-TOR-110 предлагается рассмотреть и другие преимущества внедрения ПКУ.

Примененные при разработке i-TOR-110 отечественные технологии и технические решения обеспечивают данному устройству малую массу, небольшие габариты и надёжность к внешним факторам окружающей среды, что позволяет устанавливать ПКУ не только на подстанциях, но и на любой анкерной опоре ЛЭП-110 кВ, то есть практически в любой точке электрической сети.

Автономный ПКУ типа i-TOR-110 в отношении традиционных измерительных комплексов обладает следующими отличительными свойствами:

- объединением функций измерения напряжения и тока в одном аппарате;
- высокой точностью измерений параметров электрической сети;
- передачей измеренных данных в любые автоматизированные системы коммерческого учёта с привязкой к единому астрономическому времени;
- отсутствием в конструкции газовой и масляной изоляции;
- неподверженностью феррорезонансным явлениям;
- редким обслуживанием ПКУ техническим персоналом.

Таким образом, широкое применение ПКУ позволит не только повысить точность измерения электрических величин и исключить расчётные методы определения потерь, но и повысить наблюдаемость сети, а также обеспечить более эффективные режимы управления электросетями, отслеживание фактов хищения электрической энергии и предоставление достоверной информации для проведения взаиморасчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила учета электрической энергии : официальное издание : утв. Минтопэнерго РФ и Минстроем РФ от 19.09.96 и 26.09.96 : введ. в дей-

стве 01.11.96. - Москва : Юридическая литература, 1996. - 5 с. - Текст : непосредственный.

УДК-67.01

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Горяинова А. В., бакалавр, goryainova.a.v@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассматриваются и анализируются факторы, определяющие необходимость нового этапа развития отраслей топливно-энергетического комплекса.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, инновационное развитие ТЭК.

Значимость топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в хозяйственной деятельности Российской Федерации очень высока.

В состав топливно-энергетического комплекса входят отрасли топливной промышленности (нефтяная, газовая, угольная, сланцевая, торфяная) и электроэнергетика, а также предприятия по транспортировке и распределению электроэнергии.

В структуре экономики России ТЭК является одним из главных элементов, обеспечивающих формирование практически 30% ВВП и сосредотачивающих более 40% таможенных и налоговых поступлений в бюджетную систему РФ [1].

В связи с этим ответственной задачей экономики является обеспечение стабильного развития топливно-энергетического комплекса страны и, непосредственно, улучшение показателей.

Однако, на сегодняшний день, несмотря на обеспечение развития, существование кризисных явлений мировой экономики по-прежнему несет негативное проявление в секторах ТЭК.

Для противостояния кризисным явлениям и улучшению экономических показателей необходимо обратиться к поиску новых стратегий развития топливно-энергетического комплекса.

Направления данного поиска обусловлены рядом следующих факторов, определяющих необходимость инновационного развития ТЭК:

- первый фактор – нестабильность добычи большинства видов углеводородов ввиду определённых условий (экономических, политических, технологических). К примеру, страны Ближнего Востока обладают 67% от разведанных запасов нефти и являются основными экспортёрами углево-

дородов на мировом рынке, но наличие национальных и военных конфликтов в данных странах определяют крайнюю нестабильность добычи полезных ресурсов.

- второй фактор – высокая нагрузка на окружающую среду, что в ближайшем будущем может привести к стремительному иссяканию запасов энергоресурсов. Отрицательное влияние топливно-энергетического комплекса на окружающую среду по-прежнему остается значительным, несмотря на произошедшее снижение добычи и производства ресурсов за последнее десятилетие;

- третий фактор – усложнение условий транспортировки, добычи и хранения углеводородного сырья и продуктов переработки, что приводит к существенному инвестиционному росту;

- четвертый фактор – соответствие производственных возможностей топливно-энергетического комплекса мировому научно-техническому уровню;

- пятый фактор – потребность в повышении эффективности реализации программ экономии всех видов энергии, которые реализовываются в развитых странах [2].

Хочется отметить, что все вышеизложенные факторы, представляющие необходимость нового этапа развития ТЭК, безусловно сказываются на общей стабильности функционирования топливно-энергетического комплекса и определяют значимость проблемы поиска инновационных стратегий его развития.

Одним из возможных вариантов решения может быть предложен вариант использования высокотехнологичных услуг на всех этапах создания топливно-энергетического комплекса, так как именно применение принципов инновационного развития является стратегической тенденцией экономически развитых стран, ориентированных на производство высокотехнологичной и наукоемкой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорева, Л. В. Факторы инновационного развития топливно-энергетического комплекса / Л. В. Хорева, А. В. Шраер. – Текст : электронный // Креативная экономика. – 2011. - № 8. – URL : <https://creativeconomy.ru/lib/4452> (дата обращения: 11.11.2019).

2. Мороз, О. Н. Проблемы и основные факторы развития топливно-энергетического комплекса / О. Н. Мороз. – Текст : электронный // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. - № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-osnovnyye-factory-razvitiya-toplivno-energeticheskogo-kompleksa/viewer> (дата обращения: 11.11.2019).

3. Структура топливно-энергетического комплекса. – Текст : электронный // Студенческая библиотека онлайн : [сайт]. – URL : https://studbooks.net/1829852/geografiya/struktura_toplivno_energeticheskogo_kompleksa (дата обращения: 11.11.2019).

УДК 628.979

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Гульбинас А. С., ассистент, gulbinasas@tyuiu.ru
Петухова В. С., доцент, petuhovavs@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассматриваются результаты обследования параметров световой среды и энергетической эффективности систем освещения в дошкольных образовательных организациях г. Тюмени. Улучшение световой среды с одной стороны это сохранение и улучшение качества освещения, а с другой – повышение энергоэффективности. После проведения энергетических обследований и внедрения ряда энергосберегающих мер систем освещения с 2011 г. показатель энергетической эффективности в помещениях детских садов был улучшен, но были забыты качественные показатели освещения (например, такие как цветопередача, цветовая температура, равномерность освещения и используемые источники света).

Ключевые слова: искусственное освещение, энергосберегающие мероприятия, энергоэффективность, детские сады

При неблагоприятных условиях световой среды в помещениях увеличиваются риски раннего ухудшения зрения и самочувствия, и особенно детей [1-3]. При соблюдении в помещениях детских садов нормируемых количественных и качественных параметров световой среды возможно предотвратить отрицательное воздействие искусственного света и снижения зрительного и общего утомления ребенка. В свою очередь контроль и оценка световой среды в помещениях, введенных в эксплуатацию и давно эксплуатируемых зданиях проводят в основном по показателю уровня освещенности в точках минимального значения на рабочей поверхности. Эксплуатируемая в помещении осветительная установка с течением времени может быть (даже неосознанно) изменена эксплуатирующей организацией относительно изначальных проектируемых параметров. При отсутствии в организации соответствующего специалиста может быть произведена закупка неправильного оборудования или комплектующих: например, смена лампы в осветительной установке на лампу меньшей стоимости, но с

неподходящими параметрами цветопередачи или цветовой температуры, - и все это ведет к ухудшению световой среды.

Стимулирование энергетической эффективности и использование экономически эффективных мер в свою очередь является одной из стратегий, сформулированных международным сообществом в целях сокращения выбросов парниковых газов и сокращения объема потребления энергии зданиями и сооружениями.

Среди бюджетных муниципальных организаций в России значительными потребителями энергоресурсов являются дошкольные образовательные организации (детские сады). Именно для объектов общественного назначения, имеющих бюджетное участие в финансировании, по Федеральному Закону № 261 являются необходимыми мероприятия направленные на повышение энергетической эффективности [4]. Так первой волной в 2010-2012гг были проведены и затихли энергетические обследования и указаны некоторые мероприятия по повышению эффективности в зданиях муниципального сектора.

В конце 2018 начале 2019 года нами были проведены работы по оценке энергетической эффективности систем освещения в некоторых помещениях различных детских садов в г.Тюмени. Во время обследования было отмечено, что в настоящее время во многих дошкольных организациях проходит частичный ремонт помещений, в том числе с заменой осветительного оборудования. Замену и подбор светильников проводят на основании, в том числе, рекомендаций коллег, проектировщиков и электриков. При этом замена ламп накаливания и линейных люминесцентных ламп внутреннего освещения в групповых помещениях детского сада происходит на светодиодные источники света, как более энергоэффективные.

Для помещений детских садов были рассчитаны средние величины удельного потребления электроэнергии на нужды освещения в детских садах на основе данных энергетических паспортов за предыдущие годы и за текущий базовый. Так до проведения первых энергетических обследований (именно в 2010-2011гг) удельное потребление в зданиях детских садов было значительно выше, в том числе в связи с использованием ламп накаливания, чем в 2015-2016 гг.

Стоит заметить, что обобщенные средние показатели удельного потребления не имеют большую значимость. Большой практический интерес вызывают не средние величины потребления по городу, а наоборот наименьшие и наибольшие удельные величины. Низкие удельные величины в одном из детских садов являются демонстрационным эталоном максимальной эффективности для других. Высокие показатели удельных величин потребления говорят о необходимости проведения не только организационных и малозатратных мероприятий, но и скорее всего о необходимости внедрения системы энергетического менеджмента или о реконструкции системы освещения в целом.

При проведении обследования световой среды нами были сделаны выводы о несоответствии параметров световой среды помещений детских садов нормативно-правовой документации, о слабой организации системы энергетического менеджмента и малой заинтересованности руководства детских садов к проблемам освещения. К тому же отсутствие видимых результатов при оценке и внедрении энергетически оправданных решений, вынуждает руководство детских садов придерживаться стандартных решений улучшения эффективности в целом для всех организаций (без учета особенностей проектирования осветительной установки в детских садах) и не заботиться о качестве освещения.

В дальнейшем необходимо комплексно рассматривать вопросы совершенствования световой среды и учитывать не только энергоэффективность и финансовую составляющую, но и качественные показатели систем освещения. В свою очередь количество показателей энергетической эффективности зданий необходимо расширить. Целесообразно ввести удельные показатели потребления электроэнергии в расчете на полезную площадь здания и количество детей, посещающих обследуемый детский сад и сравнивать указанные значения с некоторым эталоном максимальной эффективности в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слайни, Д. Х. Влияние новых светотехнических приборов на здоровье и безопасность людей /Д. Х. Слайни. – Текст : непосредственный // Светотехника. - 2010. - № 4 - С. 49-50
2. Зак, П. П. Потенциальная опасность освещения светодиодами для глаз детей и подростков людей / П. П. Зак, М. А. Островский. – Текст : непосредственный // Светотехника. - 2012. - № 3. - С. 4-6
3. Капцов, В. А. Синий свет светодиодов – новая гигиеническая проблема / В. А. Капцов, В. Н. Дейнего // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 1 (13). – С. 15–25.
4. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности : Федеральный закон №261-ФЗ от 23.11.2009 [принят Государственной думой 11 ноября 2009 года : одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 года]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2010. – 105 с. – Текст : непосредственный.

К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ТУРБОМЕХАНИЗМОВ

Дадабаев Ш. Т., ст. преподаватель, shahbozdadoboev@mail.ru
Республика Таджикистан, г. Худжанд, Таджикский технический универси-
тет им. академика М.С. Осими

Аннотация. Сделан детальный анализ проблем возникающих при пусковых режимах электроприводов турбомеханизмов, проведен анализ существующих методов пуска и регулирования электропривода турбомеханизмов, предложен энергоэффективный метод пуска с меньшим финансовой затратой, сделан глубокий анализ преимуществ и недостатков предложенного метода пуска для электропривода турбомеханизмов.

Ключевые слова: электропривод, турбомеханизм, пусковые токи, насос, устройства плавного пуска.

Как известно 70% электроэнергии, потребляемой промышленным предприятиям, приходится на синхронные или асинхронные электродвигатели. Асинхронные машины надежны, дешевы и просты, но у них при жесткой механической характеристике почти постоянная частота вращения, практически не зависящая от нагрузки, в то время как большая часть нагрузочных механизмов, особенно электроприводы с вентиляторным характером нагрузки работают в переменном режиме [1]. Поэтому эти электроприводы неуправляемы и в настоящее время производительность этих механизмов регулируют клапанами или заслонками. С точки зрения экономической эффективности, эти методы малоэффективны. Для решения этой проблемы последние годы активно внедряется частотное регулирование электроприводов [2]. У электродвигателей переменного тока основной проблемой являются переходные режимы, т.е. пуск и торможение электродвигателя. Это проблема особенно актуально для электроприводов насосов, у которых возможны значительные перегрузки, а пусковые токи могут 5-7 раз превышать номинальных значений [3].

Броски тока имеют ряд негативных воздействий: увеличение механической нагрузки двигателя, нестабильность сети, износ и перегрев обмоток статора электродвигателя [4]. Оптимальное решение этих проблем привело бы к значительной экономии финансовых и технических средств. Для решения вышеуказанных проблем на практике используют различные методы. Как известно, для насосов и вентиляторов требования к диапазону регулирования скорости не велик и учитывая высокие цен на преобразователей частоты, будет целесообразно использовать устройств плавного пуска с фазовым методом регулирования напряжения. Такие устройства со-

крайне называют софтстартерами или УПП, которые имеют значительно меньшую цену [5]. В основе УПП лежит тиристорный регулятор напряжения, который обычно выполняется из тиристоров или симисторов, а плавный пуск достигается за счет фазового управления напряжением. Принцип работы УПП основан на управлении задержки времени открытия тиристора и тем самым происходит изменение напряжения питания электродвигателя. Изменение напряжения питания статора двигателя приводит к уменьшению момента двигателя и пускового тока [6]. На рис. 1 показаны УПП фирмы «АББ»



Рис. 1. Внешний вид устройств плавного пуска.

Устройства плавного пуска имеют многочисленные функции и возможности, к примеру как:

- 1) во время режима пуска: управляемый темп разгона, управляемое ограничение тока, управление пусковым моментом;
- 2) во время режима торможения: управляемый темп замедления, динамическое торможение;
- 3) функции защиты: тепловая защита электродвигателя, тепловая защита устройств пуска, сигнализация в случае не симметрии фаз или пропада фаз.

К основным недостаткам УПП можно отнести: невозможность регулирования скорости двигателя в установившемся режиме, невозможность реверсирования направления вращения, невозможность предотвратить провалы напряжения.

Выводы:

- 1) УПП имеют небольшие габариты и низкие цены;
- 2) УПП в большинстве случаев ограничивает ударный ток статора (пусковой ток) и колебательный пусковой момент;

- 3) УПП обеспечивает многочисленные защиты электродвигателя;
- 4) УПП не снижает нагрев двигателя, а наоборот нагрев двигателя увеличивается;
- 5) необходимость к достаточно мощной сети, чтобы искажение напряжения в сети не увеличилось.
- 6) использование УПП в целом продлевает срок службы электрооборудования.
- 7) при выборе УПП необходимо строго соблюдать требованиям задаваемые к электроприводам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дадабаев, Ш. Т. Исследование эффективности пуска высоковольтных синхронных электродвигателей при помощи инвертора тока / Ш. Т. Дадабаев. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2018. - № 10. - С. 618-621.
2. Дадабаев, Ш. Т. Оптимизация пусковых режимов работы высоковольтного синхронного электропривода оросительной насосной станции / Ш. Т. Дадабаев. – Текст : непосредственный // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности : материалы I Междунар. науч.-техн. конф. – Чебоксары, 2017. - С. 107-110.
3. Дадабаев, Ш. Т. К вопросу эффективности внедрения регулируемого электропривода в насосных агрегатах оросительных станций первого подъема / Ш. Т. Дадабаев. – Текст : непосредственный // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи : материалы IV российской молодежной научной школы-конференции : в 2 т. – Томск, 2016. - С. 4-10.
4. Дадабаев, Ш. Т. Исследование технологических и переходных процессов электроприводов турбомеханизмов / Ш. Т. Дадабаев, Х. А. Рахматов, Б. А. Абдумаликов. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2017. - № 4. - С. 256-262.
5. Лебедев, К. Н. Адаптивные софтстартеры для погружных электронасосных агрегатов : монография / К. Н. Лебедев, С. А. Бузун. – зерноград : Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, 2012. - 96 с. – Текст : непосредственный.
6. Бобылев, Ю. Устройства плавного пуска и торможение двигателей электроустановок: грамотное использование / Ю. Бобылев. – Текст : электронный. – URL : <http://www.electronmash.ru/ustroystva-plavnogo-puska-i-tormozheniya> (дата обращения: 19.10.2019).

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

Дмитриев А. А., канд. техн. наук, доц. каф. АТСиДМ, alextmn86@mail.ru.
Герасимов В. Е., ассистент каф. ЭЭ, gerasimov_v_e@mail.ru.
Андреева Ю. Н., бакалавр, andreeva-julia98@mail.ru.
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрены основные вопросы разработки энергоэффективного способа электроснабжения систем электрообогрева магистральных нефтепроводов с применением возобновляемых источников энергии. Предложено техническое решение, позволяющее минимизировать объемы работ, связанных со строительством линейных объектов электросетевого хозяйства. Рассмотрены экономические аспекты предлагаемого решения. Предложен алгоритм, который может быть взят за основу для обеспечения надежности функционирования системы электрообогрева магистральных нефтепроводов.

Ключевые слова: нефтепровод, системы электрообогрева, альтернативная энергетика.

Введение. Применение альтернативных источников энергии все чаще встречается в современном производстве. Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) позволяет решить ряд экологических проблем, а также в некоторых случаях позволяет существенно снизить экономические затраты.

Один из ключевых этапов в жизненном цикле нефти является ее транспортировка по нефтепроводам до конечных потребителей – нефтеперерабатывающих заводов. Протяженность таких нефтепроводов составляет тысячи километров, и в зимнее время появляется проблема их замерзания, что в дальнейшем приводит к нарушению технологического процесса перекачки. Охлаждение транспортируемой жидкости приводит к кристаллизации тяжелых фракций нефти и, как следствие, отложению парафинов и асфальтосмолистых веществ, а их избыточное накопление на стенках трубопроводов делает практически невозможной дальнейшую транспортировку.

Традиционным и наиболее часто используемым методом удержания температуры является укладка теплоизоляционного слоя для обогрева трубопроводов. Тем не менее, сама по себе теплоизоляция не обеспечивает обогрев труб. В настоящее время на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях осваиваются системы кабельного обогрева, которые признаны самыми надежными, долговечными, легкими при сборке. Необходимо также учитывать, что большая протяженность труб требует

принятия решений, которые были бы экономически выгодны для предприятия.

Известно, что существует индукционно-резистивная система нагрева ИРСН (иначе называемая системой скин-обогрева) – единственная система, позволяющая обогреть плечо трубопровода длиной до 30 км с подачей электропитания с одного конца, без сопроводительной сети и самое эффективное и экономичное решение для обогрева магистральных трубопроводов неограниченной длины с сопроводительной питающей сетью.

Таким образом, при необходимости обогрева протяженных участков нефтепроводов использование ИРСН будет экономически более целесообразно, чем применение саморегулирующихся кабелей.

В качестве источника электроэнергии для ИРСН авторами данной статьи предлагается использовать ВИЭ на базе ветроэнергетических установок (ВЭУ), которые будут сооружаться вдоль магистрального нефтепровода в местах расположения коробок ввода питания системы электрообогрева. Такое решение позволит отказаться от строительства сопроводительной линии электропередачи (ЛЭП).

Обсуждение. Техническую и экономическую целесообразность применения ветроэнергетических установок (ВЭУ) рассмотрим на примере магистрального трубопровода, представленного на рис. 1.

Как правило, головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС) имеет централизованное электроснабжения, так же, как и промежуточные нефтеперекачивающие станции (ПНПС). Известно, что система ИРСН позволяет обогреть плечо трубопровода длиной до 30 км с подачей электропитания с одного конца, однако расстояние между соседними НПС колеблется от 50 до 150 км, что означает невозможность обогрева участков трубопровода, удаленных более, чем на 30 км от НПС без сопроводительной сети, что является одной из проблем. Второй проблемой является мощность, потребляемая системой электрообогрева, которая в зависимости от длины участка, материала теплоизоляции, диаметра трубопровода и наконец, скорости движения нефти в трубе, и требуемой температуры колеблется от единиц до десятков МВт, что существенно вносит вклад в платежи за электроэнергию, потребляемую предприятием.

Решением обозначенных выше проблем может стать применение ВЭУ в качестве источников питания для систем скин-обогрева. Предлагаемая в качестве источника питания ВЭУ базируется на ветрогенераторах горизонтально-осевого типа, трехлопастных (состав ВЭУ также продемонстрирован на рис. 1. Использование таких ветрогенераторов экономически эффективно в местности со среднегодовой скоростью ветра от 4 м/с.

На участке нефтепровода $L=60$ км в середине участка расположена коробка ввода питания системы скин-обогрева (питающая коробка №1). Данная коробка запитывается от ВЭУ-1 и обеспечивает электроснабжение двух плечей электрообогрева по 30 км каждое. На участке нефтепровода

$L=120$ км предлагается установить две коробки ввода питания (питающие коробки №1, №2), которые питаются от ВЭУ-2 и ВЭУ-3 соответственно, тем самым обеспечивается электроснабжение четырех плеч электрообогрева по 30 км каждое.

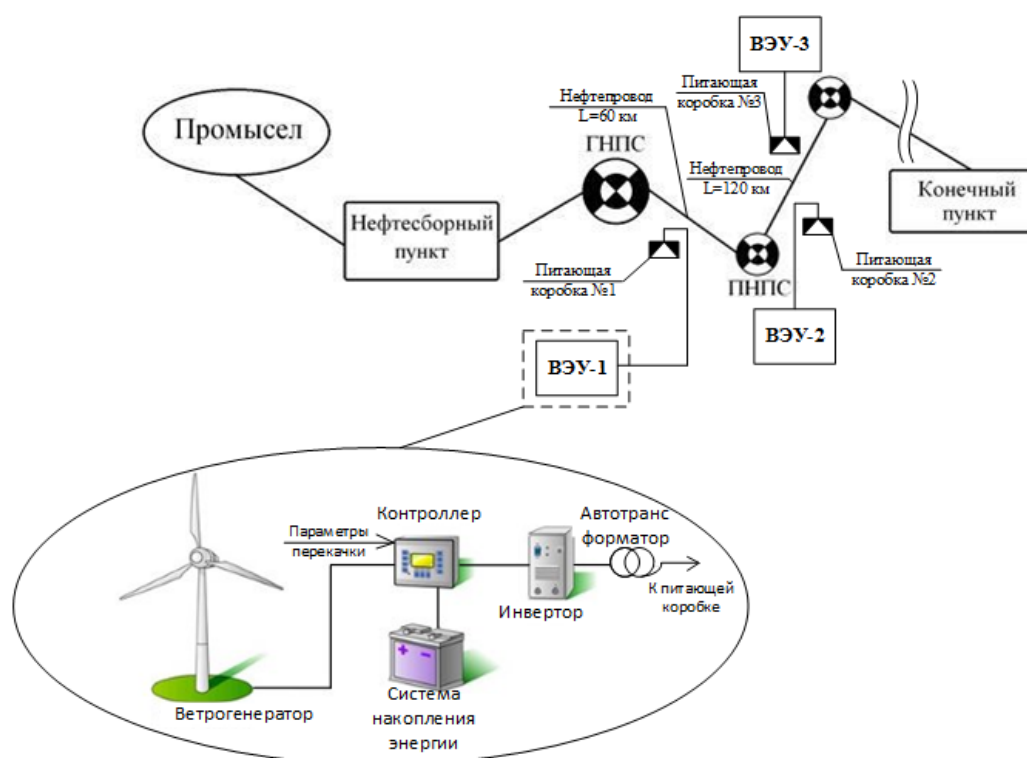


Рис. 1. Функциональная схема электроснабжения системы скин-обогрева магистрального нефтепровода

Решение о применении ВЭУ в качестве источников питания системы скин-обогрева связано в первую очередь с экономическими факторами. Среди данных факторов ключевым является стоимость строительства сопроводительной сети – воздушной линии электропередачи (ВЛ). Так по данным ФСК ЕЭС [1] базисная стоимость строительства вдольтрассовой одноцепной ВЛ 10 кВ, выполненной проводом АС-70 на железобетонных опорах на указанных на рис. 1 участках длиной 60 км и 120 км будет составлять 14622 тыс. руб. и 29244 тыс. руб. соответственно. Просуммируем и учтем прокладку волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), а также сопутствующие затраты на строительство ВЛ и получаем итог 70976 тыс. руб. Полную стоимость строительства ВЛ можно получить, добавив к полученному итогу стоимость постоянного отвода земельного участка под строительство и другие затраты, связанные с подготовкой территории строительства.

Непрерывность электроснабжения системы электрообогрева будет обеспечиваться даже в безветренную погоду от систем накопления электроэнергии, которые предлагается включить в состав ВЭУ.

Надежность системы «ВЭУ – скин-обогрев» будет обеспечиваться созданием системы автоматизации процесса электрообогрева, которая будет поддерживать значения параметров подогрева нефтепровода, близкими к оптимальным. Оператор будет получать информацию о процессе в реальном времени и сможет удаленно управлять системой или в аварийных случаях отключить систему. В качестве базисного алгоритма при разработке системы автоматического регулирования параметров системы электрообогрева магистральных нефтепроводов можно взять алгоритм работы автоматического устройства, контролирующего процесс индукционного подогрева нефти, представленного на рис. 2 [2].

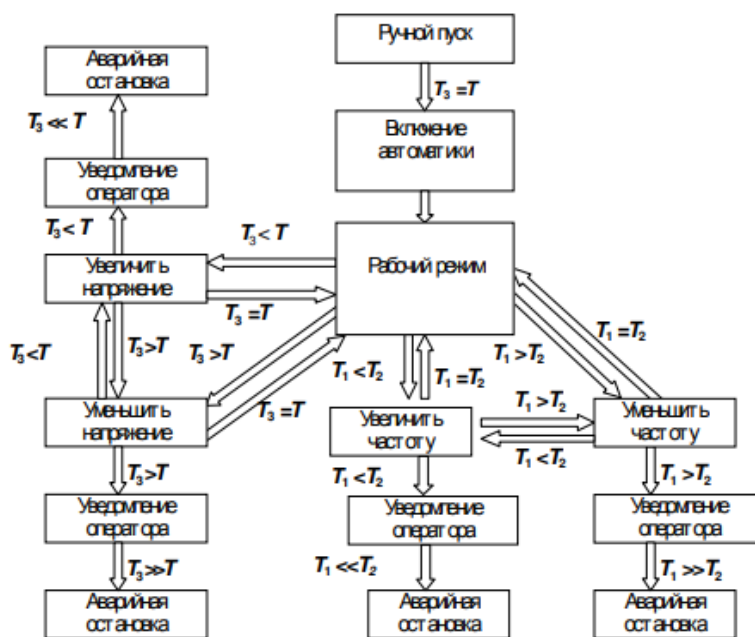


Рис.2. Базисный алгоритм системы автоматического регулирования параметров системы электрообогрева магистральных нефтепроводов

Таким образом алгоритм должен быть реализован на установке, в состав которой входит блок управления процессом скин-обогрева совместно с блоком обработки информации, автотрансформатор, выпрямитель и инвертор. Блок обработки информации необходим для считывания основных параметров потока (температура, давление, расход), отображения данных для обслуживающего персонала, записи изменения параметров процесса подогрева в электронный журнал. Кроме того, он используется для автоматического регулирования процесса электрообогрева в соответствии с заданными параметрами (температура трубы) посредством изменения частоты и напряжения электрического тока. Регулирование процесса будет происходить за счет сравнения уставки по температуре трубы с текущим значением ее температуры, и, в зависимости от результата, будут изменяться напряжение или частота.

Выводы. В зависимости от номинальной мощности системы электрообогрева стоимость установок собственной генерации на базе ВЭУ для питания данной системы может быть значительной, так как в состав установки входят системы накопления электроэнергии, инверторы, выпрямители и ветрогенераторы, цена которых может варьироваться в широких пределах в зависимости от их мощности и исполнения. Однако следует учесть ряд дополнительных экономических факторов:

– Затраты на приобретение ВЭУ могут быть частично компенсированы Федеральными программами субсидирования развития возобновляемой энергетики.

– Снижение платежей за услуги электроснабжения за счет собственной генерации от возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

– Отказ от капиталоемкого и трудозатратного строительства ВЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Укрупнённые стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ : СТО 56947007-29.240.124-2012 : утв. приказом ОАО "ФСК ЕЭС" от 09.07.2012 N 385 : введ. впервые : дата введения 2012-07-09/ разработан ООО «Техречсервис». – Москва : ОАО «ФСК ЕЭС», 2012. – 33 с. – Текст : непосредственный.

2. Шишкин, Н. Д. Алгоритм автоматизации процесса индукционного подогрева нефти / Н. Д. Шишкин, К. В. Трофименко. – Текст : непосредственный // Управление и моделирование технологических процессов и технических систем : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Москва, 2012. – С. 199-205.

УДК 621.3

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОДИЗЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ХМАО

Евдокимов А. А., канд. техн. наук, доцент кафедры «Радиоэлектроники и электроэнергетики», Aleksandr-AAE@mail.ru

Шаймарданов А. Ф., магистрант кафедры «Радиоэлектроники и электроэнергетики», luperkal97@gmail.com

г. Сургут, Сургутский государственный университет

Аннотация. В ХМАО существуют десятки населенных пунктов, не подключенных к единой энергетической системе. Так как на данный момент в этих поселениях используются, как правило, дизельные станции, имеется возможность снижения затрат на электроснабжение.

троэнергию с помощью внедрения автономных ветряных установок. Проведен анализ расположения одного из поселений, его электросетевого и генерирующего оборудования. Обозначены проблемы применения ветровых установок. Проведен расчёт экономии топлива при использовании ветровой установки с тихоходным синхронным генератором. Сделан вывод о возможности применения ветровых установок.

Ключевые слова: изолированные электрические системы, ветродизельный комплекс

В настоящее время в Российской Федерации 20 миллионов человек проживают в областях, не подключенных к Единой энергетической системе [1]; в ХМАО существует несколько десятков изолированных населенных пунктов, энергоснабжение которых осуществляется за счёт дизельных электростанций. Необходимость снижения объёмов потребляемого топлива открывает возможности для применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в первую очередь – ветродизельных комплексов (ВДК).

Эффективность внедрения подобных комплексов будет рассмотрена на примере электроэнергетической системы сельского поселения Корлики. Село Корлики находится на востоке автономного округа в ведении Нижневартовских электрических сетей. Добраться до поселения возможно либо на вертолёте, либо речным транспортом. Расстояние до ближайшей крупной подстанции (ПС Хохряковская) – приблизительно 165 км, большую часть этого пути составляют болота, реки и небольшие озёра. Присоединение данной изолированной системы к ЕЭС России не планируется.

Согласно схеме и программе развития электроэнергетики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на период до 2024 года [2], электроэнергетическая система села Корлики включает 4 дизельных генератора, общей установленной мощностью 1640 кВт (таблица 1).

Согласно тому же документу мощность в период максимальных нагрузок на 2018 год составляет 590 кВт, тогда как располагаемая мощность генерирующего оборудования равна 969 кВт. Выработанная за 2018 год электроэнергия составляет 2099686 кВт*ч. Средняя мощность нагрузки равна:

$$P_{\text{ср.год}} = \frac{W}{t_{\text{год}}} = \frac{2099686}{8760} = 239,69 \text{ кВт}, \quad (1)$$

где W – количество потребленной энергии за год, кВт*ч; $t_{\text{год}}$ – число часов в году, ч.

Таблица 1

Генерирующие мощности по состоянию на 1 января 2019 года

Марка, модель оборудования, тип генератора		Мощность электростанции, кВт		Техническое состояние
		Установленная	Располагаемая	
ADV-320, Volvo №1	Magnapuls 433CSL6220 №4335-11006, 2011г.	320		исправен
ADV-320,	Magnapuls 433CSL6220	320		исправен

Volvo №2	№4335-11010, 2011г.			
ADV-500, Volvo №1	Marelli MB17591, 2014г.	500		исправен
ADV-500, Volvo №2	Marelli MB17595, 2014г.	500		исправен
Итого		1640	969	

Баланс электрической мощности равен +379 кВт. Отсутствуют технические условия на технологическое присоединение электроустановок. Следует заметить, что износ генераторов ADV-320, Volvo №1 и №2 превысил 70% от их установленного моторесурса (30000 часов).

Таблица 2

Средняя и максимальная скорость ветра в 2018 году

Период	Средняя скорость, м/с	Максимальная скорость, м/с
Январь	1,84	10
Февраль	1,06	11
Март	2,55	18
Апрель	2,35	15
Май	2,06	12
Июнь	2,07	17
Июль	2,16	12
Август	2,05	14
Сентябрь	1,82	17
Октябрь	2,28	19
Ноябрь	2,06	15
Декабрь	1,96	12
Год	2,02	19

Использование ветровых установок осложнено низкой среднемесячной скоростью ветра в регионе. Данные взяты из архивов метеостанции «Корлики» [3].

При такой скорости ветра невозможно получить высокую мощность ветрогенератора.

В подобных условиях одним из возможных решений является использование ветровой установки с тихоходным синхронным генератором на постоянных магнитах. Преимуществами данного варианта являются низкая стартовая скорость ветра и простота конструкции [4]. Также является целесообразным использование более высоких мачт ветровой установки для повышения средней скорости ветра. Формула для пересчёта скорости ветра на высоте $H = 20$ м:

$$V_H = V_\phi \frac{\ln\left(\frac{H}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{\phi}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{20}{0.5}\right)}{\ln\left(\frac{10}{0.5}\right)} = 1,231V_\phi, \quad (2)$$

где V_H – скорость ветра на высоте H , м/с; H – высота, м; V_{ϕ} – скорость ветра на высоте H_{ϕ} , м/с; H_{ϕ} – высота флюгера (для метеостанций равна 10 м); Z_0 – высота шероховатости, принята равной 0,5 в лесах.

Электрическая мощность, вырабатываемая ветрогенератором, рассчитывается по формуле [1]:

$$P = \xi 0,5 \pi R^2 \rho V^3 \eta, \quad (3)$$

где P – вырабатываемая мощность, Вт; ξ – коэффициент использования ветра; R – радиус ротора ветротурбины, м; ρ – плотность воздуха, кг/м³; η – КПД электромеханического преобразователя энергии.

При значениях ρ , ξ и η , равных 1,2, 0,35 и 0,8, формула (3) принимает вид:

$$P_{cp} = 0,53 R^2 V^3, \quad (4)$$

где P_{cp} – средняя вырабатываемая мощность, Вт; R – радиус ротора ветротурбины, м; V – средняя скорость ветра за выбранный период.

Примем высоту ветровой установки, равной 20 м, а радиус её лопастей равным 9,5 м.

При использовании в расчёте среднемесячной мощности, энергия, выработанная за год ветровой установкой, равна:

$$W_{вэу} = \sum P_{cp} t = 6969 \text{ кВт*ч}, \quad (5)$$

где $W_{вэу}$ – выработанная энергия за год, кВт*ч; P_{cp} – средняя мощность, кВт; t – число часов в выбранном периоде, ч

Стоимость топлива, расходуемого для получения 1 кВт*ч с помощью генератора ADV-320:

$$C_T = C_{уд} \frac{S_{75}}{0,75 * P_H}, \quad (6)$$

где C_T – стоимость топлива, руб/кВт*ч; $C_{уд}$ – цена дизельного топлива, руб/л; S_{75} – расход топлива дизельного генератора ADV-320 при 75% нагрузки, л/ч; P_H – номинальная мощность генератора, кВт.

При цене дизельного топлива 50 руб/л и расходе топлива 59,6 л/ч, стоимость одного кВт*ч равна 12,41 руб.

Годовое снижение затрат на расход дизельного топлива равно:

$$\Pi = W_{вэу} C_T = 6969 * 12,41 = 86485 \text{ руб}. \quad (7)$$

При сроке окупаемости не более 10 лет капиталовложения должны составлять не более:

$$K = 10 \Pi = 864850 \text{ руб}. \quad (8)$$

Таких капиталовложений недостаточно для покупки соответствующего оборудования на рынке. При самостоятельной сборке стоимость материалов ветроустановки составляет приблизительно 164 тысячи рублей, подобный проект может быть реализован.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукутин, Б. В. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями : учебное пособие / Б. В. Лукутин, И. О. Муравлев, И. А. Плотников. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 128 с. – Текст : непосредственный.

2. Схема и программа развития электроэнергетики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на период до 2024 года : РП 203 : утв. Правительством Ханты-Мансийского округа – Югры 26.04.2019 : ввод в действие с 01.01. 2020. – Ханты-Мансийск, 2019 – 124 с. – Текст : непосредственный.

3. Справочно-информационный портал «Погода и климат» : [сайт]. – URL : <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php> (дата обращения: 13.11.2019). – Текст : электронный.

4. Пат. 2602802 Российская Федерация, МПК Н02К 3/26. Тихоходный электрический генератор на постоянных магнитах : №2013124190/07 : заявл. 07.07.2015 : опубл. 20.11.2016 / Игнатъев С. Г., Евдокимов А. А., патентообладатель Игнатъев С. Г. - Текст : непосредственный.

УДК 621.315

ТЕХНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА ДЛЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СКИН-ЭФФЕКТА

Ерёмин И. П., магистрант, Phanntomm@mail.ru.
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Данная статья посвящена проблемам, связанным с эксплуатацией СКИН-систем (Индукционно-резистивная система нагрева): частотное регулирование, пусковые токи, симметрирование нагрузки питающей сети, целесообразность применения того или иного решения. Произведен обзор индукционно-резистивных систем электрообогрева. Автором предложено использование частотных преобразователей для регулирования параметров питающей сети и нагревательных элементов.

Ключевые слова: цифровая подстанция, нефтегазовая отрасль.

На сегодняшний день индукционно-резистивные системы нагрева, основанные на принципе применения СКИН-эффекта в электрических проводниках переменного тока, наиболее оптимизированы под задачи электрообогрева протяженных трубопроводов, в частности нефтепроводов протяженностью от 5 до 35 км. В условиях Крайнего Севера, в районах, приравненных к Крайнему Северу и на Дальнем Востоке, в связи с географическими особенностями, а именно холодным климатом и огромными расстояниями между объектами нефтегазовой отрасли, населёнными пунктами, электростанциями и подстанциями, СКИН-системы не имеют конкурентоспособных аналогов. Благодаря своим особенностям такие системы обогрева могут запитываться только с одной стороны, позволяя экономить на возведении дополнительных подстанций. Сверхпротяженные трубопроводы получают питание с двух сторон, либо в промежуточной точке.

Именно на устройства питающей сети и следует обратить внимание, ведь от параметров электрического тока и напряжения напрямую зависят параметры обогреваемого элемента. Одним из ключевых параметров является частота тока, ведь суть скин-эффекта заключается в протекании переменного тока высокой частоты не равномерно в толще проводника, а преимущественно на поверхностном слое. Чем выше частота, тем меньше плотность тока в приосевых областях и, соответственно, больше вблизи поверхности. Поскольку теплопередача происходит между поверхностью греющего кабеля и стенками трубопровода, именно этот слой влияет на нагрев. Величина напряжения и тока определяют количество передаваемой тепловой энергии.

В настоящее время для питания подобных комплексов применяются нетиповые трансформаторы, изготавливаемые специально для подобных проектов. Они работают на одно- или двухфазные нагрузки, сохраняя симметрию в первичной трехфазной сети. При таком подходе регулирование температуры нагрева возможно регулированием величины напряжения и тока.

Применение частотных преобразователей способно решить ряд существующих проблем.

При запуске системы в первые моменты времени возникают большие пусковые токи, многократно превышающие номинальные, что оказывает пагубное влияние на тепло- и электропроводящие элементы, а также на само оборудование. Плавный пуск посредством частотного регулирования поможет снизить пусковые токи, тем самым продлевая срок службы всех элементов системы.

Под действием СКИН-эффекта регулирование температуры нагрева возможно не только с помощью изменения величин напряжения и тока, но и частоты. При этом частотное регулирование имеет не только широкий диапазон, но и плавность, в отличие от дискретного изменения напряжения в трансформаторах.

Установка частотных преобразователей на каждую фазу позволит регулировать процесс обогрева на каждом из плеч трубопроводов независимо друг от друга, что в некоторой степени помогает решать вопрос с симметрированием нагрузки.

В краткосрочной перспективе реализации данной идеи несёт в себе больше финансовых затрат по сравнению с существующими решениями, но в долгосрочной перспективе позволит выйти на более экономичный режим работы всего комплекса электрообогрева протяженных трубопроводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Общие положения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 марта 2013 г. № 55-ст. : введ. впервые : дата введ. 2014-06-01 / разработ. ООО "ЛИНВИТ" и Техническим комитетом по стандартизации ТК 30 "Электромагнитная совместимость технических средств". – Москва : Стандартинформ, 2014. – IV, 18 с. ; 29 см. – Текст : непосредственный.

2. Правила устройства электроустановок : ПУЭ : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 08.07.02 : введ. в действие с 01.01.03. - Москва : ЭНАС, 2003. - 7-е изд. – 606 с. – Текст : непосредственный.

3. Тепловые сети : СП 124.13330.2011 : утв. Госстроем России 24.06.03 : введ. в действие с 01.09.03. - Москва : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 36 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Загитов С. Г., магистрант, Salavat_str@mail.ru.

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация: Устойчивость режима работы генераторов, работающих в единой энергосистеме, является основной задачей систем автоматического регулирования возбуждения. Все генераторы системы должны быть устойчивы по U общей шины, за счет этого они находятся в квазиустановившемся режиме работы, создавая «внутригрупповое»

движение. При этом законы регулирования, рассчитанные для одного режима работы, могут приводить к усилению колебаний в других режимах.

Ключевые слова: стабилизация, генераторы, моделирование.

Главная задача реализации модели параллельной работы силовых генераторов – ввод в синхронизм последующих генераторов к режиму работы первого. Через коэффициент Q , выражаются значения разности фаз напряжений и токов первого и второго генераторов, работающих в режиме синхронизации:

$$Q = \frac{1}{\omega_0} \int (\omega_2 - \omega_1) dt, \quad (1)$$

где $\omega_0 = 100\pi$ – базисная частота; ω_1 и ω_2 – частота синхронизирующихся генераторов.

Отметим, что для каждого режима синхронного генератора как объекта управления необходимо подбирать конкретный регулятор, хорошо рассчитанный под конкретный режим работы. При использовании в других режимах работы, можно наблюдать нарушение статической периодической и статической аperiodической устойчивостей. [2]

Алгоритмы моделирования и дальнейшего анализа позволяют эффективно исследовать переходные процессы в процессе регулирования систем синхронизации генераторов.

Перед началом работы в среде любой программы нужно выполнить следующие действия:

- определить общий тип выполняемого задания и в соответствии с ним выбрать структур, при этом нужно остановиться на самой эффективной и проверить ожиданий результат;
- выбрать количество исходных данных, для этого нужно четко определить количество входных параметров.

Совместную работу посредством среды моделирования можно и осуществить по схеме (рис.1).

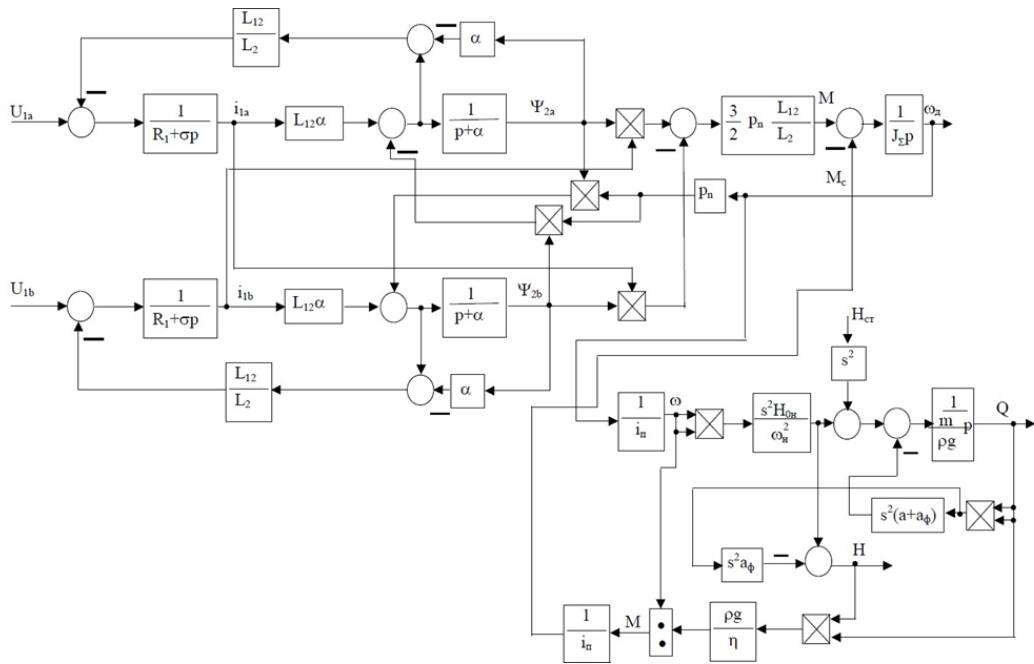


Рис.1. Схема совместной работы в Matlab/Simulink

По графикам полученных в ходе эксперимента можно установить факт устойчивости системы, определить границы перерегулирования и время регулирования, и сравнить между собой переходные процессы разных моделей.

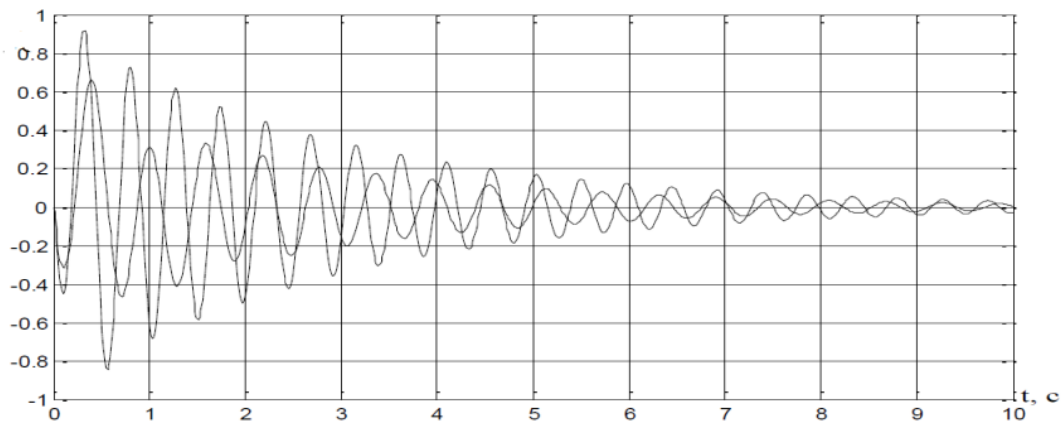


Рис. 2. Работа регулятора распределения мощности

На основе анализа влияния различных сигналов в законе регулирования возбуждения, определяются каналы регулирования по производной тока статора, которые позволяют снизить амплитуды колебания электромагнитного момента.

Значения составляющих токов и напряжений генераторов до момента синхронизации вычисляются при помощи структуры, представленной в [3]. После момента синхронизации эти же значения вычисляются через величины напряжений и токов первого генератора. С помощью блока объ-

единения можно объединить вычисление напряжений и токов до и после синхронизации путём подачи на управляющий вход разрешающего сигнала.

Чтобы правильно выбрать момент включения в синхронизацию генераторов, формируют разность напряжений, применяя модуль этой величины и выделяя огибающую модуля напряжения биений. Так как разрешающий сигнал ввода в синхронизм имеет малую длительность, то генераторы за это время не успевают войти в синхронизм. Поэтому разрешающий сигнал формируют с помощью триггера.

После синхронизации определяются токи нагрузки, и их разность, через ПИ-регулятор подается сигнал на изменение уставки регулятора частоты вращения привода второго генератора.

Для выполнения исследований синхронного генератора в многоагрегатной энергосистеме построена математическая модель с использованием метода эквивалентирования внешней электрической сети. Рассчитаны показатели качества переходных процессов отклонения напряжения на статоре и отклонения частоты напряжения.

Используя данные о режиме работы генератора по каналам обратной связи, контроллер в автоматическом режиме выбирает значения коэффициентов усиления, чем достигается существенное улучшение показателей качества по сравнению с фиксированными стандартными настройками АРВ, а именно, уменьшается установившаяся ошибка отклонения напряжения и перерегулирование, а так же время регулирования отклонения частоты напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрганов, А. А. Регулирование возбуждения синхронных генераторов / А. А. Юрганов, В. А. Кожевников. – Санкт-Петербург : “Наука”, 1996 – 125 с. – Текст : непосредственный.

2. Геллер, Б. Л. Моделирование параллельной работы синхронных генераторов в пакете Vissim / Б. Л. Геллер, Н. В. Сулименко. – Текст : непосредственный // Научный вестник. – 2012. - № 3. - С. 34-41.

3. Аншуров, А. М. Анализ переходных процессов и систем возбуждения при совместной работе синхронных генераторов : 05.14.02 : дис. ... канд. техн. наук / А. М. Аншуров ; Санкт-Петербургский гос. техн. ун-т. – Санкт-Петербург, 2016. - 154 с. – Текст : непосредственный.

4. Меркурьев, Г. В. Устойчивость энергосистем / Г. В. Меркурьев, Ю. М. Шаргин. – Санкт-Петербург : НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2008. – 376 с. – Текст : непосредственный.

ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ СВЯЗИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕТЯХ SMART GRID

Залетенко П. А., магистрант, zaletenko89@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. На данный момент в электроэнергетическом секторе Российской Федерации наблюдаются проблемы, связанные с отсутствием надежных систем энергомониторинга. Широкое распространение получил протокол *Modbus*, реализованный на стандарте *RS – 485*. Данный стандарт обладает недостатками: большое потребление энергии, наличие стартового и стопового бита, ограниченное расстояние передачи данных без искажения. Целью работы является обзор и выбор протоколов связи. На основании сравнения сделан выбор в пользу стандарта МЭК 61850, основанному на протоколах *MMS*, *SV* и *GOOSE*, что приводит к быстрдействию энергомониторинга и снижению затрат на обслуживание подстанций.

Ключевые слова: цифровая подстанция, энергомониторинг, витая пара *RS – 485*, стандарт МЭК 61850, протоколы связи *MMS*, *SV* и *GOOSE*.

На данный момент в электроэнергетическом секторе Российской Федерации наблюдаются проблемы, связанные с отсутствием надежных систем энергомониторинга. На данный момент большинство объектов электроэнергетического сектора Российской Федерации оборудованы следующей системой сбора данных: с установленных электронных счетчиков Т-0,66 по витой паре *RS – 485* протоколу *Modbus RTU* энергоданные поступают в ОПС – сервер с устройством сбора данных УСД 2.04/1, откуда энергоданные поступают на *SCADA* – системы с дальнейшим выводом на АРМ оператора [1].

Отмечено, что при эксплуатации у кабеля витая пара *RS – 485* наблюдаются следующие недостатки: большое потребление энергии, наличие стартового и стопового бита, сетевой обмен по типу «ведущий–ведомый», потеря качества сигнала при его передаче более чем на один км, а также наличие наводок и помех при существующей прокладке витой пары и силового кабеля вблизи силовых кабелей, а также наводки при перенапряжениях, вызванными грозовыми импульсами, которые негативно влияют на передачи энергоданных в *SCADA* – системы. Исходя из вышесказанного делаем вывод о необходимости модернизации существующей системы передачи данных: витая пара *RS – 485* с протоколом передачи данных *Modbus RTU*. На данный момент на подстанциях электроэнергетических объектов Российской Федерации происходит внедрение элементов цифровых подстанций, которые описаны согласно стандарту МЭК-61850 «Сети и системы связи на подстанциях». Данный стандарт описывает формат потоков данных и содержит в себе свод правил по организации обмена

данными. Стандарт МЭК 61850 включает в себя следующие протоколы передачи данных: *MMS (Manufacturing Message Specification)*, *GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event)* и *SV (Sampled Values)*. Анализ и выбор протоколов связи приведен в таблице 1 [2, 3, 4].

Таблица 1

Анализ и выбор протоколов связи

Название	Краткое описание и достоинства	Основные недостатки
<i>Modbus</i>	Один из самых распространенных сетевых протоколов, простота организации. Для передачи данных используются асинхронные интерфейсы (<i>RS-232, RS-485</i>).	-Протокол не предусматривает аутентификацию и шифрование передаваемых данных. -Сетевой обмен по типу «ведущий – ведомый», низка надёжность при выходе из строя «ведущего» устройства; - Низкая устойчивость к помехам.
<i>CAN</i>	- Простота реализации и минимальные затраты на использование; - высокая устойчивость к помехам.	- Длина сети передачи сигнала обратно пропорциональна скорости передачи; - Нет общего единого стандарта на протокол высокого уровня.
<i>HART</i>	Простая настройка, сервис и техническое обслуживание. Является открытым стандартом с высокой помехоустойчивостью.	-Значительные трудности в усовершенствовании протокола. - медленная передача данных.
<i>PROFIBUS</i>	Основной поток данных организован как набор отдельных переменных.	-Дорогая организация сетей передачи данных. -Поддержка продуктов зарубежных компаний.
МЭК 61850	Стандарт «Сети и системы связи на подстанциях», определяет способы передачи энергоданных на подстанциях.	Временный недостаток: сложность и новизна стандарта, отсутствие необходимой квалификации персонала.

В рамках МЭК 61850 для передачи данных от оборудования в *SCADA* – системы используется протокол *MMS*, а протокол *GOOSE* — для обмена данными между оборудованием подстанции. За счет верного составления моделей объектов по протоколу МЭК 61850 достигается взаимозаменяемость различных компонентов, число кабельных линий снижается и упрощается архитектура системы [5, 6, 7].

Таким образом, протоколы МЭК 61850 обеспечивают достаточно высокую функциональность при решении задач удаленного энергомониторинга, что приводит к повышению быстродействия принятия решений и снижению затрат на обслуживание подстанций [8, 9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боговик, А. В. Анализ протоколов мониторинга и управления в современных информационно-измерительных системах / А. В. Боговик, О. А. Губская, А. А. Шляпников. – Текст : непосредственный // Проблемы

технического обеспечения войск в современных условиях : труды в межвуз. науч.-практ. конф. - Санкт-Петербург, 2019. – С. 118-121.

2. Сербул, Г. Г. Анализ промышленных протоколов передачи данных / Г. Г. Сербул. – Текст : непосредственный // Вестник современных исследований. - 2017. - 9-1 (12) - С. 134-141.

3. Тороев, А. А. SCADA-системы для промышленности с применением протокола modbus / А. А. Тороев, А. А. Сомов. – Текст : непосредственный // Вестник КГУСТА. - 2014. - № 2. - С. 90-95.

4. Лыков, А. Н. Микропроцессорные средства автоматизации энергетических систем / А. Н. Лыков, Р. В. Катаев. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2017. – 532 с. – Текст : непосредственный.

5. Баташова, Е. Р. Цифровая жизнь подстанции / Е. Р. Баташова. – Текст : непосредственный // Точная наука. - 2017. - № 17. - С. 24-25.

6. Лоскутов, А. Б. Проблемы перехода электроэнергетики на цифровые технологии / А. Б. Лоскутов. – Текст : непосредственный // Интеллектуальная электротехника. - 2018. - № 1. - С. 9-27.

7. Цифровые подстанции. Опыт реализации / В. Н. Курьянов, Л. Р. Куш, Н. Р. Горбунова [и др.]. – Текст : непосредственный // Наука, образование и культура. - 2018. - № 3 (27). - С. 9-12.

8. Орлов, Л. Л. Опыт проектирования и внедрения систем РЗА и АСУ ТП на базе технологии МЭК 61850 / Л. Л. Орлов, Д. В. Егоров. – Текст : непосредственный // Электрические станции. - 2009. - № 11. - С. 56-58.

9. Моржин, Ю. И. Цифровая подстанция / Ю. И. Моржин, С. Г. Попов. – Текст : непосредственный // Энергия единой сети. - 2012. - № 5 (5). - С. 4-19.

СОГЛАСОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ

Зольникова Т. В., магистрант, tatiana_zolnikova96@mail.ru

Власова Е. П., канд.техн.наук., доцент, vlasovaep@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Внедрение современных методик согласования релейных защит с зависимыми характеристиками позволяет оптимизировать работу системы электроснабжения. Использование обратозависимых времятоковых характеристик цифровых реле по сравнению с независимыми позволяет улучшить быстродействие выбранных микропроцессорных релейных защит.

Ключевые слова: цифровая релейная защита, времятоковые характеристики, методика расчета уставок релейной защиты.

В наше время электроснабжение является неотъемлемой частью современного человека и всего общества. Можно смело сказать, что главными показателями работы системы электроснабжения являются ее надёжность и бесперебойность. В целях предотвращения аварий в системе электроснабжения используется комплекс автоматических устройств, среди которых первоочередное внимание уделяется устройствам релейной защиты и автоматики (РЗА). Использование современных систем РЗА совместно с быстродействующими выключателями позволяет сократить время аварийного режима, снизить возможные повреждения и сократить время на последующее восстановление нормального электроснабжения. Таким образом, внедрение современных методик согласования релейных защит с зависимыми характеристиками позволяет оптимизировать работу системы электроснабжения.

Существуют определенные требования, регламентированные «Правилами устройств электроустановок», которые предъявляются ко всем устройствам релейной защиты: быстродействие, селективность, надёжность и чувствительность.

Сейчас в России все больше и больше начинают внедрять такие релейные защиты как микропроцессорные и цифровые и, вследствие чего, происходит постепенное замещение существующих устаревших технологий и все чаще начинает возникать множество проблем, связанных с различными методиками расчетов. Одной из основных проблем во время проектирования и внедрения цифровых релейных защит распределительных сетей является проблема их согласования. В настоящее время существуют различные методики расчета уставок, но они не позволяют получить надлежащий выбор типа характеристик и при

этом все методики нацелены на ручной расчет. Таким образом, существующие методики имеют ряд недостатков, а во время компьютерных технологий данные методики и вовсе теряют свою целесообразность, ведь если учитывать необходимость согласования рассчитываемой защиты с последующими и предыдущими, получаются очень трудоемкие расчеты. Возникает необходимость в использовании зависимых характеристик при согласовании системы релейной защиты, которая способствует более качественному согласованию и селективности.

Известная фирма, занимающаяся производством электротехнического оборудования, включающего в себя современные системы защит «Schneider Electric» использует методику расчета (выбор уставок) релейной защиты, которая дает возможность выбора любой из пяти типов времятоковых характеристик по стандарту Международной электротехнической комиссией. Сравнительный анализ разных типов обратнозависимых времятоковых характеристик показал, что в большинстве случаев наиболее подходящей для России является стандартная обратнозависимая характеристика.

Использование обратнозависимых времятоковых характеристик цифровых реле по сравнению с независимыми также позволяет значительно лучше согласовать длительность последующей релейной защиты с предыдущим защитным устройством, выполненным с помощью предохранителей, так как они имеют одинаковый тип по времени срабатывания от величины тока короткого замыкания благодаря подобным преимуществам обратнозависимых времятоковых характеристик максимальных токовых защит можно объяснить столько долгосрочное применение подобных времятоковых характеристик так же это и указывает на то, что есть необходимость их реализации, и в электромеханических, и в микропроцессорных реле. Согласование любых токовых защит обычно производится с использованием тех же графиков, на основе которых затем строится карта селективности установленных защит. Характеристики времятоковых защит строятся в осях координат тока и времени, причем ординаты представляют время, а абсциссы – ток. Графики с логарифмическими шкалами тока и времени также используются для согласования релейной защиты и предохранителей или с пропорциональными шкалами. Используются так же и смешанные графики где одна из шкал логарифмическая, а другая пропорциональная. Использование зависимых характеристик при расчете уставок и согласовании релейной защиты существенно повышает селективность релейной защиты, позволяя избежать большого количества ложных срабатываний, следовательно, повышает надежность энергосистемы в целом. Однако использование методики согласования релейных защит данного производителя для расчета многоступенчатых защит повлечет за собой снижение быстродействия всей системы в целом, так как каждое реле нужно будет

продублировать или же удвоить количество уставок, учитывая при этом, что каждое реле настроено только на одну времятоковую характеристику.

Существует аналогичная методика, расчета уставок для микропроцессорных устройств использующих в работе зависимые времятоковые характеристики, работа М.А. Шабада, в свою очередь это усовершенствованная им же методика. Данная методика позволит повысить селективность защиты, однако микропроцессорные реле также нуждаются в предварительной настройке каждого реле отдельно, в основном с использованием только одной временной токовой характеристики для каждого этапа токовой защиты, встроенного в реле.

Описанная методика с использованием зависимых характеристик имеет существенное преимущество: чувствительность и селективность. Но как уже отмечалось, при расчете многоуровневых защит этот способ потребует использования либо двух комплектов релейной защиты с аналоговыми реле, либо одного цифрового реле на каждом этапе, поэтому он имеет меньшее быстродействие, что является важным недостатком.

Усовершенствование существующих методов позволит добиться избирательного действия всех защит, а также повысить быстродействие для систем электроснабжения предприятий, имеющих различные параметры сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по выбору характеристик и уставок защиты электрооборудования с использованием микропроцессорных терминалов серии Sepam производства Schneider Electric. - Выпуск № 3, 2006. – 70 с. – Текст : непосредственный.

2. Шабад, М. А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей / М. А. Шабад. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1985. – 350 с. – Текст : непосредственный.

3. Шабад, М. А. Защита трансформаторов распределительных сетей / М. А. Шабад. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1981. – 136 с. – Текст : непосредственный.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ МАШИН КАК ОБЪЕКТА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Зязев М. Е., магистрант, zyacho72@gmail.com

Лямпасова Е. С., магистрант, elenalyampasova@mail.ru

Коняев А. Ю., д-р техн. наук, профессор, a.u.konyaev@urfu.ru

г. Екатеринбург, Уральский федеральный университет

Аннотация. Показаны перспективы использования линейных индукционных машин в установках электродинамической сепарации твердых металлосодержащих отходов. Приводятся данные исследований таких машин как объектов систем электроснабжения. Отмечена необходимость снижения несимметрии токов в фазах установки и повышения коэффициента мощности.

Ключевые слова: сепарация отходов, линейные индукционные машины, несимметрия токов, компенсация реактивной мощности.

В нашей стране начинает уделяться большое внимание развитию промышленной переработки твердых отходов производства и потребления. Для развития новой отрасли требуются разработки новых технологий и технологического оборудования. К такому оборудованию относятся, в частности, электродинамические сепараторы с бегущим магнитным полем, предназначенные для извлечения из отходов включений цветных металлов, а также для сортировки цветных металлов [1-3]. Наиболее широкое применение могут найти сепараторы на основе линейных индукционных машин (ЛИМ), которые легко встраиваются в готовые технологические линии, например, могут устанавливаться под лентой конвейера, перемещающего отходы. Как показывает опыт разработок, такие сепараторы могут стать одним из наиболее энергоемких видов оборудования на предприятиях [2]. Например, один из разработанных сепараторов (КМ-203М) имел мощность 200 кВА. При этом мощность трансформаторной подстанции в цехе составляла 500 кВА. Это делает актуальными исследования сепараторов как объектов систем электроснабжения. Некоторые результаты таких исследований приводятся в докладе.

Одной из особенностей ЛИМ является несимметрия фазных токов, обусловленная разомкнутостью магнитопровода и разным расположением катушек разных фаз по отношению к краям индуктора. Например, в установке КМ-203М токи в фазах одного из индукторов составили: 180, 170 и 150 А. Отклонения токов от среднего значения (167 А) составили 10-12%. Несимметрия токов ЛИМ сепаратора приводит к увеличению потерь в системе электроснабжения и затрудняет компенсацию реактивной энергии. В том же сепараторе КМ-203М установка батареи конденсаторов позволила

увеличить коэффициент мощности с 0,05 до 0,14 и снизить средний ток до 60 А. Однако несимметрия фазных токов возросла (отклонения токов от среднего достигли 30-35%). Данный пример подтверждает необходимость изучения характеристик сепараторов на основе ЛИМ.

Исследования в лаборатории УрФУ проводились на модели сепаратора, индуктор которого характеризовался следующими параметрами: число полюсов – 4, полюсное деление – 102 мм, ширина индуктора - 105 мм, потребляемая мощность – до 500 ВА. Схема электрических соединений показана на рис. 1.

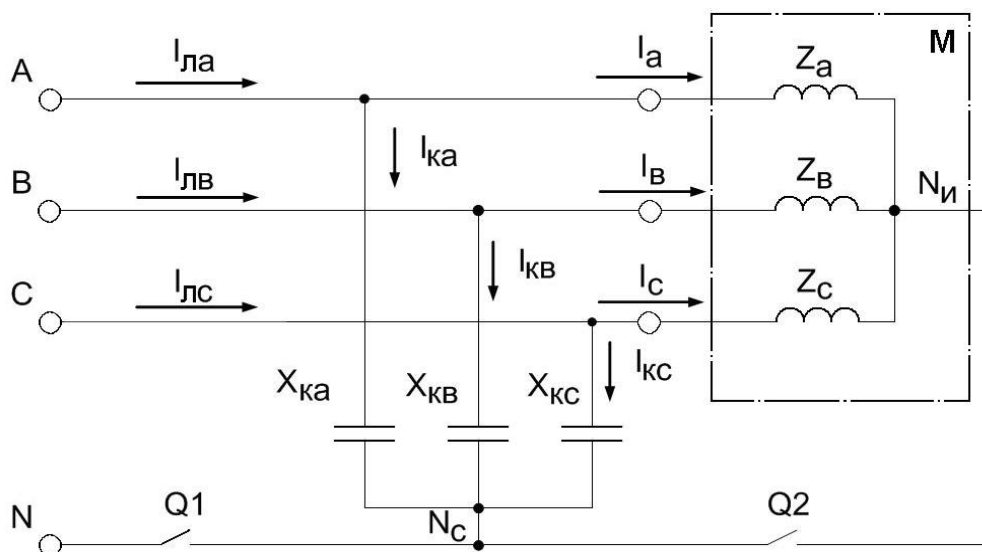


Рис. 1. Схема электрических соединений исследованной установки

В ходе опытов рассматривались следующие варианты включений:

1. ЛИМ без батареи конденсаторов, нейтральная точка индуктора изолирована.
2. ЛИМ без батареи конденсаторов, нейтральная точка индуктора соединена с сетью.
3. ЛИМ и батарея конденсаторов (по 5 мкФ в фазе), нейтральные точки индуктора и батареи соединены с сетью.
4. ЛИМ и подбор конденсаторов (5 мкФ, 8 мкФ, 5 мкФ), нейтральные точки индуктора и батареи соединены с сетью

Результаты исследований сведены в табл. 1. Данные, приведенные в табл. 1, подтверждают, что токи в фазах несимметричны. Уровень несимметрии токов удобно оценивать в относительных единицах с помощью коэффициента несимметрии k_I , определяемого как отношение фазного тока к среднему значению. Для исходного варианта 1 значения k_I изменяются от 0,68 до 1,21. При этом коэффициент мощности ЛИМ является довольно низким и составляет 0,29. При больших мощностях технологических уста-

новок несимметрия токов ведет к увеличению потерь в системе электро-снабжения и недоиспользованию трансформаторов.

Таблица 1

Электрические параметры исследуемой ЛИМ

№ варианта	Фаза	I , А	U , В	P , Вт	$\cos\varphi$, о.е.	k_I , о.е.	δI , %
1	<i>A</i>	0,54	245,80	78,0	0,59	1,11	+11,1
	<i>B</i>	0,59	235,00	4,0	0,03	1,21	+21,2
	<i>C</i>	0,33	203,50	16,0	0,24	0,68	-32,2
	Ср. значение	0,49	228,13	32,67	0,29	1,00	0
2	<i>A</i>	0,5	227,5	73	0,64	0,968	-3,2
	<i>B</i>	0,61	227,5	-4	0,03	1,181	+18,1
	<i>C</i>	0,44	227,5	35	0,35	0,852	-14,8
	Ср. значение	0,52	227,5	34,67	0,295	1,00	0
3	<i>A</i>	0,33	224	70	0,987	1,253	+25,3
	<i>B</i>	0,280	222	-8	0,123	1,065	+6,5
	<i>C</i>	0,180	226	34	0,897	0,684	-31,6
	Ср. значение	0,263	224	32	0,719	1,0	0
4	<i>A</i>	0,330	224	72	0,987	1,60	+59,7
	<i>B</i>	0,120	222	-8	0,406	0,58	-41,9
	<i>C</i>	0,170	226	32	0,885	0,82	-17,9
	Ср. значение	0,207	224	32	0,900	1,0	0

При подключении нейтрали ЛИМ к сети (вариант 2) несимметрия токов снизилась (значения k_I изменяются от 0,85 до 1,18). Увеличение коэффициента мощности при этом несущественно. В 3 случае при одинаковых емкостях конденсаторов увеличен и уменьшены токов в линии, но произошло увеличение несимметрии токов – максимальный ток больше минимального почти в 2 раза. В варианте 4 удалось повысить $\cos\varphi$ до приемлемого значения (0,9) и еще больше снизить величины линейных токов. При этом несимметрия токов еще более увеличилась. Полученные результаты требуют продолжения исследований свойств таких ЛИМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wilson, R. J. Application of mineral processing techniques for the recovery of metal from post-consumer wastes / R. J. Wilson, T. J. Veasey, D. M. Squires. – Direct text // Minerals Engineering. – 1994. - № 7. - Pp. 975-984.

2. Патрик, А. А. Устройства для электродинамической сепарации лома и отходов цветных металлов / А. А. Патрик, Н. Н. Мурахин, А. Ю. Коняев. – Текст : непосредственный // Промышленная энергетика. - 2001. - № 6. - С. 16-19.

3. Электродинамические сепараторы с бегущим магнитным полем: основы теории и расчета / А. Ю. Коняев, И. А. Коняев, Н. Е. Маркин, С. Л.

Назаров. – Екатеринбург : УрФУ, 2012. - 104 с. – Текст : непосредственный.

УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Ивашевский Н. С., магистрант, IvashevskiyNS@gmail.com
Ведерникова Ю. А., канд. техн. наук, доцент, VedernikovaJA@tyuiu.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В результате регулярных измерений, постепенной цифровизации подстанций, увеличению количества датчиков, стал возможен анализ большого количества данных. Для их обработки предлагается использование нейронных сетей, которые сильно развились за последнее десятилетие. В работе произведен обзор существующих направлений использования искусственных нейронных сетей в отрасли электроэнергетики, обозначены перспективы использования программного обеспечения, основанного на нейронных сетях. В статье раскрываются проблемы прогноза нагрузок в электросетях и проблемы их диагностирования.

Ключевые слова: нейронные сети, обзор, цифровизация

В соответствии с указом президента российской федерации от 09.05.2017 была принята программа цифровизации национальной экономики России. В русле этой программы крупнейшие российские промышленные компании разрабатывают свои программы цифровой трансформации. В концепции компании Россети «Цифровая трансформация 2030» [1] определены основные направления развития технологий до 2030 года. Цифровизация подразумевает переход от фрагментарной автоматизации объектов электроэнергетики и уход от создания отдельных АСУТП подстанций к централизованному сбору информации и её анализу на основе интеллектуальных алгоритмов, и объединению цифровых потоков. Одним из подходов к созданию интеллектуальных алгоритмов является создание искусственных нейронных сетей

В последние годы нейронные сети развиваются очень активно и находят себе применение во всё большем количестве областей человеческой деятельности. Их основное преимущество заключается в особом принципе работы - логика их работа во много напоминает работу человеческого мозга, что позволяет создавать из программы «узкого специалиста». Так же нейронные сети способны в короткие сроки обрабатывать

большие объемы данных и выявлять не доступные для человеческого мышления закономерности.

Наиболее перспективными направлениями для искусственных нейронных сетей (ИНС) в электроэнергетике являются: прогнозирование, оптимизация, использование в системах подготовки принятия решений, а также увеличение стабильности системы.

Искусственные нейронные сети эффективно и быстро решают целевые задачи, но для их разработки необходима большая обучающая выборка. Как говорилось выше, сейчас идёт активная цифровизация подстанций. В результате чего представляется возможным разработка и использование искусственных нейронных сетей. Для сбора и реализации их работы может понадобиться дополнительные вычислительные мощности.

Не смотря на популярность нейронных сетей, как инструмента создания интеллектуальных систем, готовых приложений для сферы электроэнергетики на базе этого инструментария не так уж много. Следовательно, работы в этом направлении являются перспективными.

Необходимым условием для создания нейронных сетей в ближайшее время очевидно будет организация централизованного сбора данных со станций и подстанций. Это позволит создавать обучающие выборки необходимые для тренировки искусственных нейронных сетей. После чего представляется возможным сотрудничество с наиболее преуспевшими в этом направлении партнерами, а также высшими учебными заведениями.

Здесь видится полезным изучение опыта создания и использования программного обеспечения на базе ИНС зарубежных специалистов [2].

Предлагается создание большего количества пилотных проектов, обеспечивающих возможность испытывать современные технологии и внедрять их в дальнейшем на существующих подстанциях. Это создаст условия для тестирования новейших разработок и позволит сократить время их внедрения на остальных объектах.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных разработок интеллектуальных систем для электроэнергетики дает основание сделать вывод, что использование ИНС позволяет создавать замкнутые алгоритмы управления по сбору данных, их обработке и принятию управленческих решений, что является необходимым шагом для реализации идей цифровой трансформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция цифровой трансформации 2030. – Текст : электронный // РОССЕТИ : Энергетическая компания : [сайт]. – URL : https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения: 25.10.2019).

2. Gao, D. W. Application of AI techniques in monitoring and operation of power systems / D. W. Gao, Q. Wang, F. Zhang, [et al.]. – Direct text // *Frontiers in Energy*. – 2019. – V. 13, Issue 1. – Pp. 71–85.

3. Tarafdar Hagh, M. Application of Neural Networks in Power Systems; A Review / M. Tarafdar Hagh, A. Kashtiban. – Direct text // *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*. – 2005. - № 6. – Pp. 53-57.

4. Пономарев, В. С. Применение адаптивных регуляторов на основе нейронных сетей в энергетике / В. С. Пономарев, В. И. Финаев. – Текст : электронный // *Технические науки* – 2008. - № 7. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/priminenie-adaptivnyh-regulyatorov-na-osnove-neyronnyh-setey-v-energetike> (дата обращения: 05.11.2019).

УДК 621.313.2

НЕЙРОСЕТЕВОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬ СКОРОСТИ ДПТ НВ

Козлова Л. Е., канд. техн. наук, ассистент, kozlova@tpu.ru.

Раков И. В., аспирант, rakovivan@live.com.

Буньков Д. С., аспирант, dimaster12@gmail.com.

г. Томск, Томский политехнический университет

Аннотация. В связи с необходимостью измерения угловой скорости в системах электропривода для контроля механизма и его динамических состояний, в стандартном исполнении применяют датчик скорости. Но при невозможности прямого измерения скорости необходимо использовать косвенную оценку переменных состояний электродвигателя. Один из методов косвенного контроля скорости – это применение в системах электропривода наблюдателей переменных состояний электродвигателя. В статье описывается процесс создания нейросетевого наблюдателя для применения его в качестве датчика скорости двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.

Ключевые слова: нейронная сеть, двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, нейросетевой наблюдатель состояния.

Построение высококачественных наблюдателей переменных состояний электродвигателя является необходимым направлением развития электроприводов в тех областях, где нет возможности установить датчик скорости, например, в системах мотор – колесо.

Работы, проводившиеся по тематике нейросетевых наблюдателей переменных состояний электродвигателя, освещены в [1 – 5].

Основной целью статьи является предоставление читателю результатов имитационного моделирования по настройке нейросетевого наблюда-

теля скорости для двигателей постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ) (рис. 1).

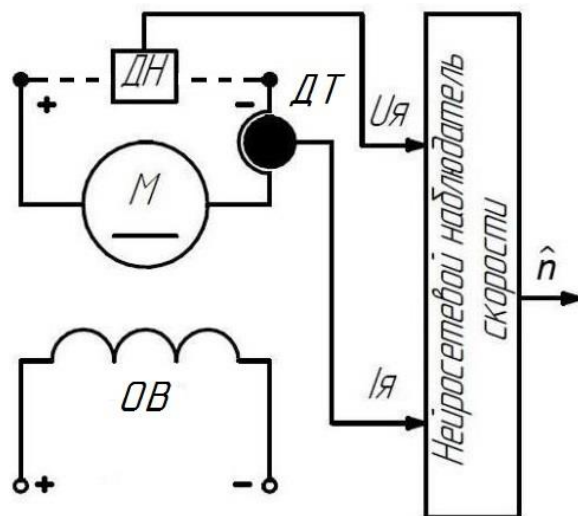


Рис. 1. Структурная модель ДПТ НВ с нейросетевым наблюдателем скорости

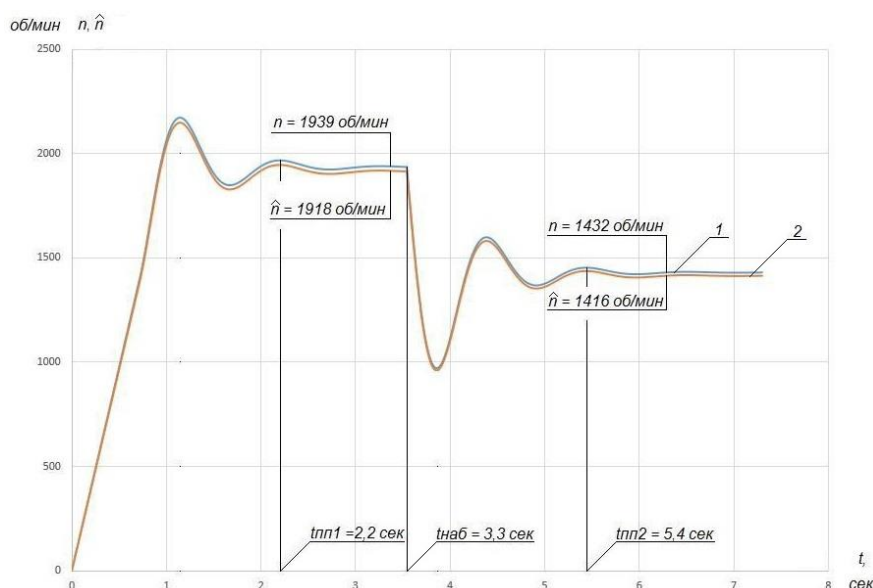


Рис. 2. Скорость ДПТ НВ: 1 – вычисленная через СДУ, 2 – оцененная нейросетевым наблюдателем

Создание и настройка нейросетевого наблюдателя скорости ДПТ НВ происходило на модели двигателя постоянного тока 2ПФ160МГУХЛ4.

Входными параметрами для искусственной нейронной сети является вычисленный через систему дифференциальных уравнений (СДУ) ток якорной обмотки двигателя, поданное напряжение на обмотку якоря и их задержки на период дискретизации. Для построения наблюдателя используется трехслойная нейронная сеть прямого распространения с 4 нейронами в первом слое, 10 нейронами в скрытом слое и 1 нейроном в выходном

слое. Функция активации – гиперболический тангенс. Алгоритм обучения – метод обратного распространения ошибки, с тренировочным набором, состоящим из 2000 выборок. Имитация проводилась в среде MATLAB/Simulink R2019b.

В результате моделирования и обучения искусственной нейронной сети авторами была получена модель, которая по значениям тока якоря и напряжения питания якорной обмотки вычисляет скорость двигателя постоянного тока (рис. 2).

При обучении ИНС сформировались веса и смещения, характеризующие обучение сети. В процессе обучения наблюдался эффект переобучения, который получилось убрать, вовремя остановив процесс обучения нейронной сети. Проверка работоспособности проводилась в программе MATLAB.

В результате проведения исследований можно сделать вывод, что ИНС удовлетворительно эмулирует работу датчика скорости ДПТ. Стандартное отклонение оценивания нейросетевым наблюдателем скорости ДПТ НВ составляет 17.5 об/мин, что при двух значениях установившейся скорости двигателя 2ПФ160МГУХЛ4 в 1939 об/мин и 1432 об/мин составляет 0,9 % и 1,2 % соответственно. Полученная погрешность оценивания скорости нейросетевым наблюдателем не превышает порога в 5 %, что является приемлемым результатом при проведении имитационного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети : Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2001. – 382 с. – Текст : непосредственный.
2. Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общ. ред. В. Г. Потемкина. – Москва : ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 496 с. – Текст : непосредственный.
3. Махотило, К. В. Разработка методик эволюционного синтеза нейросетевых компонентов систем управления / К. В. Махотило. – Харьков : Наука, 1998. – 254 с. – Текст : непосредственный.
4. Козлова, Л. Е. Нейросетевой датчик скорости двигателя постоянного тока / Л. Е. Козлова, В. В. Тимошкин, А. С. Глазырин. – Текст : непосредственный // Технология и автоматизация атомной энергетики и промышленности : материалы отраслевой научно-технической конференции «ТААЭП-2010». – Северск, 2010. – С. 65.
5. Козлова, Л. Е. Разработка нейросетевого наблюдателя угловой скорости ротора в электроприводе по схеме ТРН - АД: 05.09.03 : дис. ... канд. техн. наук / Л. Е. Козлова ; ТПУ. - Томск, 2015. - 144 с. – Текст : непосредственный.

МОДЕЛЬ ЭНЕРГОЗАТРАТ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ

Колесов В. И., канд. техн. наук.

Хмара Г. А., канд. техн. наук, доцент кафедры ЭЭ, hmaraga@tyuiu.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация: Современная проблематика в электроэнергетике связана с созданием инструментария для внедрения управляемого спроса электроэнергии – demand response (DR). В статье приведен подход к решению проблемы моделирования затрат в сложной системе.

Ключевые слова: управляемый спрос, электроэнергетика, модель суммарных энергозатрат, принятие решений, Smart Region.

Энергетическая стратегия региона реализуется региональной властью, по современным понятиям входит в сферу Smart Region. Власть должна учитывать интересы своих потребителей, интегрированных в глобальную электроэнергетическую сеть. Различие целевых устремлений сторон, участвующих в генерировании, передаче, распределении и потреблении электрической энергии, заставляет искать приемлемый компромисс. Он достигается на основе управляемого спроса электроэнергии – demand response (DR), когда потребители частично отказываются от энергопотребления в часы максимума, позволяя энергосистеме эффективно использовать системы генерации, передачи и распределения электрической энергии [1,2,3]. В статье предложен механизм формирования функции затрат энергоресурсов в таких системах.

Как было установлено, выход на цель предполагает ответ на два вопроса:

1) какая часть предоставленного ресурса участвует в создании выходного эффекта?

2. насколько рационально эта часть используется?

При такой постановке задачи функциональная схема процесса имеет следующий вид (рис.1). Здесь блок «машина» характеризует первый аспект, а блок «процесс создания позитива» - второй.

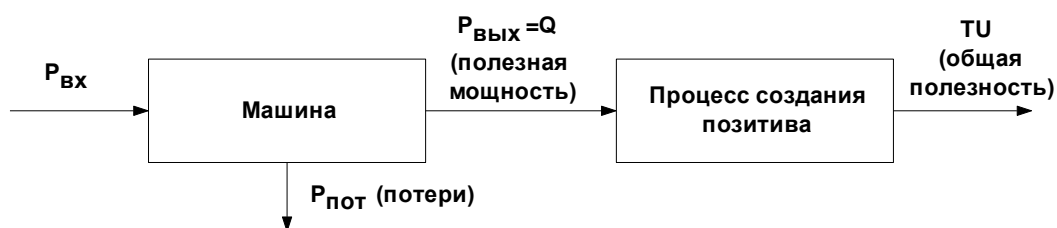


Рис.1. Функциональная схема процесса

С инженерной точки зрения, устойчивое инновационное развитие – это повышение эффективности за счет рационального использования кпд путем инноваций.

Рассмотрим соотношение мощностных компонентов. Баланс мощностей можно представить в виде:

$$P_{\text{вх}} = P_{\text{вых}} + P_{\text{пот}},$$

из него следует, что

$$1 = x + x_c, \quad (1)$$

где x – доминанта (характеризующая кпд), $x = P_{\text{вых}}/P_{\text{вх}}$;

x_c - субдоминанта, $x_c = 1 - x = P_{\text{пот}}/P_{\text{вх}}$

Практика показывает [4], что в подавляющем большинстве случаев работает закон «обобщенного золотого сечения» (или «золотого сечения»), когда выполняется пропорция

$$(1/x)^g = x/(1-x), \quad (2)$$

из которой следует

$$x^g + x - 1 = 0 \quad (\text{здесь } g = s + 1). \quad (3)$$

Корень уравнения (3) (обозначим его x_{opt}) характеризует долю ресурса $P_{\text{вх}}$, поступающего на вход второго блока (см. рис.1).

Очевидно, что x_{opt} является функцией аргумента g , который потенциально может использоваться как параметр управления доступной долей ресурса (рис.2).

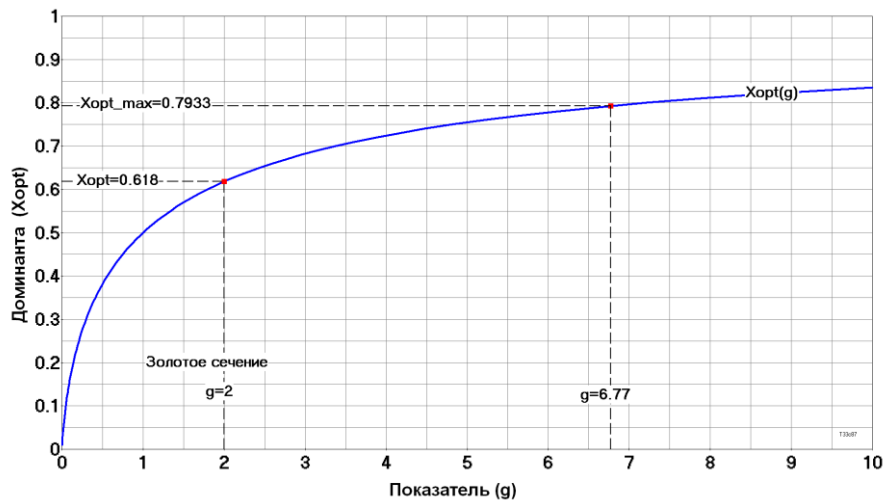


Рис.2. Модель $x_{\text{opt}}(g)$

Тогда эффективность затратного механизма зависит от показателя g , который может использоваться как параметр управления, например, норма расхода электроэнергии. С ростом показателя g возрастает эффективность системы, а, следовательно, должны расти и затраты на её реализацию. Суммарные затраты Z обусловлены одновременным действием двух механизмов:

- 1) малое значение показателя g свидетельствует о низкой эффективности системы, и, как следствие, связано с нежелательными потерями Z_1 ;
- 2) повышение g невозможно без дополнительных затрат Z_2 .

Следовательно, задача относится к разряду оптимизационных, когда необходимо установить: при каких условиях наблюдается минимум суммарных затрат Z и каково значения достигаемого экстремума Z_{\min} .

Прежде всего необходимо ввести модель потерь Z_1 из-за снижения показателя g и модель затрат Z_2 на повышение эффективности системы за счет роста g . Компромисс между ними задает уравнение (3). Таким образом, суммарный ущерб составляет

$$Z = Z_1 + Z_2 = C_1 \cdot (1 - x) + C_2 \cdot x^g, \quad (4)$$

Если ввести весовые коэффициенты $a = \tilde{N}_1 / (\tilde{N}_1 + \tilde{N}_2)$ и $1 - a = \tilde{N}_2 / (\tilde{N}_1 + \tilde{N}_2)$, отвечающие нормировке $a + (1 - a) = 1$, то соотношение (4) примет вид

$$Z = \tilde{N} \cdot [a \cdot (1 - x) + (1 - a) \cdot x^g] = C \cdot a \cdot (1 - x + m \cdot x^g), \quad (5)$$

где $\tilde{N} = \tilde{N}_1 + \tilde{N}_2$; $m = (1 - a) / a$;

Нормированное значение суммарных затрат равно Z_n

$$Z_n = Z / (C \cdot a) = 1 - x + m \cdot x^g. \quad (6)$$

Практика показывает, что цена \tilde{N} является функцией показателя g , что свидетельствует о связи управляемого спроса DR и ценой, поэтому её можно записать в виде

$$C = Z_0 \cdot B_c(g),$$

где Z_0 - масштабирующий множитель, определяемый при калибровке модели затрат; $B_c(g)$ - коэффициент эволюции цены при изменении показателя g .

Таким образом, соотношение (5) можно представить в виде произведения трёх сомножителей (рис.3)

$$Z = C \cdot a \cdot (1 - x + m \cdot x^g) = Z_0 \cdot Z_m \cdot Z_n; \quad (7)$$

$$Z_m = a \cdot B_c(g). \quad (8)$$

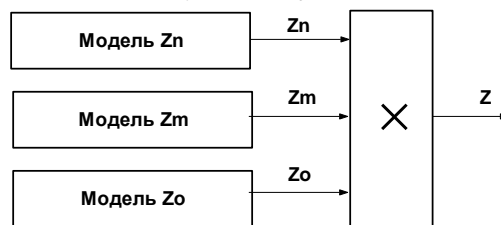


Рис.3. Структура затратного механизма открытой сложной системы

Полученные результаты имеют ряд перспективных инженерных приложений:

- моделирование вариантов развития системы управляемого спроса электроэнергии в регионе;
- прогноз целевых значений норм расхода электроэнергии на душу населения;
- разработка алгоритмического обеспечения для интеллектуальных систем управления регионом и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесов, В. И. Технология ценозависимого электропотребления / В. И. Колесов, Г. А. Хмара. – Текст : непосредственный // Нефть и газ Западной Сибири : материалы Международной научно-технической конференции. - Тюмень, 2017. – С. 132-135.

2. Колесов, В. И. внедрения ценозависимого электропотребления в рамках концепции Smart Grid / В. И. Колесов, О. Ф. Данилов, А. Л. Портнягин, Г. А. Хмара. – Текст : непосредственный // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании : материалы VII Международ. науч.-техн. конф. - Тюмень, 2017. – С. 90-94.

3. Колесов, В. И. Идентификация макромоделей энергопотребления энергетического комплекса нефтегазодобывающего предприятия в метрике обобщенного золотого сечения / В. И. Колесов, М. И. Хакимьянов, Г. А. Хмара. – Текст : непосредственный // Промышленная энергетика. - 2019. – №4. – С. 44-48.

4. Сороко, Э. М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем: Введение в общую теорию гармонии систем / Э. М. Сороко. - Изд. 4-е. – Москва : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. - 264 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.31:338.24

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКЕ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН)

Комилова М. Е., ст. преподаватель, komilova.makhbuba@mail.ru
Республика Таджикистан, г. Худжанд, Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

Аннотация. В статье сделан обзор и детальный анализ факторов, влияющие на надежность системы электроснабжения в современных условиях, приведены факторы, влияющие на надежность электроснабжения в условиях рыночной экономики, по результатам

исследования предложен пути реорганизации системы обеспечения надежности электроснабжения при условиях рыночной экономики.

Ключевые слова: электроснабжение, надежность, рыночная экономика, износ оборудования, эксплуатация, электроэнергетика.

Система электроснабжения является сложной технической системой, открытой к внешним воздействиям как климатическим, техногенным и т.д., которые могут вызывать отказы в работе системы. Причинами отказов в системе электроснабжения (СЭС) чаще всего являются природно-климатические воздействия, нарушения технологий производства и монтажа электросетевого оборудования, повреждения в процессе эксплуатации, ошибки производственного персонала и т.д [1, 2]. В проектировании или планировании развития электрической сети основным способом обеспечения ее надежности является резервирование ее элементов, а во время эксплуатации надежность обеспечивается за счет мониторинга состояния сети, правильной эксплуатации, диагностики, планового ремонтно-профилактического обслуживания, модернизации, технического перевооружения и т.д [3]. В условиях рыночной экономики определение требований к обеспечению надежности СЭС является актуальным и сложным вопросом. Требуется усовершенствовать систему управления надежностью и создание механизма компромисса между системным оператором и остальными объектами на рынке электроэнергии, включая потребителей, к тому же экономические механизмы обеспечения надежности в электроэнергетике должны координироваться государством [4, 5]. Введение этих механизмов в электроэнергетике требуют корректировки направленности экономического управления электроэнергетикой на максимальное извлечение прибыли и обеспечения надежности электроснабжения при условии достижения максимально возможной экономической эффективности с минимизацией расходов. Ниже приведены основные факторы, влияющие на надежность СЭС Республики Таджикистан в современных условиях:

- увеличение износа основных фондов в электроэнергетике;
- проблема инвестиций в отрасли;
- отставание разработки нормативно-правовой базы обеспечения надежности от реорганизации отрасли и внедрения рынка.

При переходе к рыночным отношениям обеспечения надежности СЭС усложняются, которые в основном вызваны следующими факторами:

- возникновению коммерческих требований к режиму электроснабжения, которые снижают управляемость и надежность;
- разделения интересов по поддержанию надежности и по получению прибыли;

– возникновению субъектов электроэнергетики, влияющие на надежность, но не отвечающих за ее обеспечение, к примеру, энергосбытовые организации;

– повышение давления рынка, нацеленного на предельное использование энергетического оборудования.

Опыт зарубежных стран показывает тенденцию ужесточения требований по обеспечению надежности через совершенствование правовых механизмов, к примеру в США принят Закон «Акт по электрической надежности 2004 года» – S.2014, которая устанавливает обязательный характер стандартов надежности энергоснабжения в объединенной энергосистеме и процедуру их соблюдения [6]. В условиях рыночной экономики основной задачей является недопущение снижения надежности и качества электроснабжения потребителей всех отраслей экономики. С развитием рыночных отношений система обеспечения надежности должна быть реорганизована следующим образом [6]:

– необходимо повысить ответственность субъектов рынка электроэнергии за надежность и ввести ясные правила технологического взаимодействия;

– следует использовать экономические и нормативные подходы как в между субъектных отношениях.

Назначение нормативного подхода увеличивается при переходе от надежности энергоснабжения на розничном рынке к системной надежности, т.е. в зоне оптового рынка. Система решений по обеспечению надежности в электроэнергетике должна быть сквозной, начиная от генерации энергии и до ее потребления, включая всех субъектов, оказывающих услуги на рынке электроэнергии. Надежность электроснабжения потребителей в условиях рыночной экономики становится все больше предметом договорных отношений между субъектами энергетического рынка и товаром, реализуемым через рыночные услуги. Надежность электроснабжения надо рассматривать как некоторый конечный комплексный ресурс, а не абсолютный.

Требования потребителей по обеспечению, какого либо уровня надежности электроснабжения формируют спрос на этот ресурс. К тому же потребители должны сами выбирать необходимый уровень надежности из предоставляемого каталога с соответствующей ценой. Надежность и качество электроснабжения должны характеризоваться ясными измеряемыми параметрами, а затраты на их поддержание, как для электроэнергетики, так и для потребителя, быть приемлемым. Эту проблему необходимо рассматривать через комплекс взаимоотношений и взаимодействий электроснабжающих компаний и потребителей. Запросы потребителей должны быть учитываться как основные требования к надежности и качеству электроснабжения, как в части услуг, так и в части продукции. Такой подход будет

соответствовать новой концепции развития электроэнергетики – Smart Grid [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вохидов, А. Дж. К вопросу о задачах повышения надежности системы электроснабжения насосной станции первого подъема / А. Дж. Вохидов, Ш. Т. Дадабаев, Ф. М. Разоков. – Текст : непосредственный // Надежность. - 2016. - Т. 16, № 4 (59). - С. 36-39.

2. Дадабаев, Ш. Т. Оптимизация пусковых режимов работы высоковольтных электроприводов оросительной насосной станции с учетом жаркого климата / Ш. Т. Дадабаев. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. - 2018. - Т. 61, № 2. - С. 86-91.

3. Дадабаев, Ш. Т. Исследование технологических и переходных процессов электроприводов турбомеханизмов / Ш. Т. Дадабаев, Х. А. Рахматов, Б. А. Абдумаликов. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2017. - № 4. - С. 256-262.

4. Непомнящий, В. А. Проблемы надежности электроснабжения и их влияние на экономику электроэнергетики / В. А. Непомнящий. – Текст : непосредственный // Энергорынок. - 2009. - № 9. - С. 22-26.

5. Рапопорт, А. Н. Новые технологии обеспечения надежности ЕНЭС в условиях формирующегося рынка электроэнергии / А. Н. Рапопорт, Ю. Н. Кучеров. – Текст : непосредственный // Новые технологии для электрических сетей : сб. науч. трудов. – Москва, 2006. - С. 12–18.

6. Овсейчук, В. Обеспечение надежности электроснабжения в условиях рыночной экономики / В. Овсейчук. – Текст : непосредственный // Новости электротехники. - 2011. - № 1. - С. 15-19.

УДК 621.315.1

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПУТЕМ ОБСЛЕДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ БЕСПИЛОТНЫМИ АВИАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Корчагина А. П., магистрант, Sashkakorchagina.96@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. На пороге высоких технологий перед сферой электроэнергетики стоит задача в снабжении всех потребителей качественной электрической энергией в достаточном

количестве. В процессе эксплуатации смонтированных по проекту воздушных линий электропередач возникают необратимые процессы, препятствующие передаче потребителям электрической энергии должного качества либо полном ее отсутствии.

Ключевые слова: надежность, воздушные линии электропередач, беспилотные авиационные системы.

Ни одна отрасль не может нормально функционировать без развития, отвечающего всем тенденциям. В том числе и электроэнергетика требует постоянного анализа и разработки современных методов оптимизации для удовлетворения быстрорастущих потребностей страны в электрической энергии с наименьшими затратами на эксплуатацию технологического оборудования электрических станций, подстанций и т.п.

Работы многих ученых как внутри России [1], так и за ее пределами посвящены оценке и выбору оптимальных средств надежного обеспечения электрической энергией всей электроэнергетической системы.

Ремонтопригодность является одним из показателей оценки надежности электроснабжения потребителей по воздушной линии электропередачи (ВЛЭП). Под понятием ремонтпригодности подразумевается свойство воздушной линии, благодаря которому становится возможным обнаружение и предупреждение причин отказов, и восстановление нормальной работоспособности путём ее тщательного технического обслуживания и своевременного ремонта.

Ремонтопригодность ВЛЭП определяется следующими основными показателями:

- средним временем, за которое отказавшая линия будет восстановлена до работоспособного состояния;
- средней продолжительностью преднамеренных отключений ВЛЭП;
- средней периодичностью ремонтов;
- средними трудозатратами на капитальный ремонт и техническое обслуживание [2].

Внедрение беспилотных авиационных систем (БАС) с целью досконального обследования воздушных линий позволит повысить пригодность линий к ремонту, включая текущий и капитальный. Что значительно сократит время плановых осмотров линий, определения мест повреждений и выявления дефектов.

Стоит отметить, что данная технология уже нашла применение в Китае, где беспилотные системы, оснащенные тепловизорами, проверяют состояние воздушных линий по превышению температуры сверх допустимой.

Беспилотные системы выполняют следующие виды работ:

- плановая диагностика – облет, наблюдение и съемка ВЛЭП на небольших высотах от уровня земли, исследование состояния ВЛЭП и их

охранных зон, обнаружение видимых дефектов, определение пространственных нарушений габаритов просеки и проводов;

– аварийно-восстановительные работы – облет линий электропередач на средних высотах при различных погодных условиях, с применением фотовспышки или тепловизора в ночное время суток;

– топографо-геодезические работы – создание цифровых топографических и кадастровых планов, 3D-моделей местности и воздушных линий электропередачи, сопровождение работ по строительству и реконструкции ЛЭП.

По результатам проведенных работ беспилотными авиационными системами можно получить снимки довольно высокого разрешения, на которых хорошо различимы составные части линейного объекта, включая провода, изоляторы, опоры, а также состояние растительности и подстилающей поверхности в охранной зоне трассы воздушных линий электропередач [3].

Полученные при помощи БАС цифровые снимки, позволяют проанализировать большое количество дефектов, таких как:

1. Дефекты опор – отсутствие, отрыв, деформация элементов металлических опор; разрушение верхнего слоя и деформация железобетонных опор; отклонение опор от вертикали; разворот, деформация траверсов на железобетонных опорах; отсутствие натяжения внутренних стяжек и тросовых растяжек; падение, повреждение опор.

2. Дефекты проводов, линейной и сцепной арматуры – разрушение элементов стеклянных и фарфоровых изоляторов; отсутствие гасителей вибрации, отсутствие грузов, потеря работоспособности несущего тросика, смещение виброгасителей вдоль проводов относительно проектного положения; отсутствие и неправильное расположение соединителей проводов; изломы, отрывы лучей дистанционных распорок между проводами расщепленной фазы; обрыв проводов.

3. Дефекты на трассе – наличие опасной для эксплуатации линии электропередач растительности; падение деревьев на провода и опоры; наличие древесно-кустарниковой растительности в охранной зоне; наличие строений и прочих объектов в охранной зоне; пересечение с природными и антропогенными объектами; опасные явления (проседание грунта, подтопление и др.).

БАС в автоматическом режиме выполняет аэрофотосъемку ВЛЭП. Затем снимки с пространственными координатами привязки центров фотографирования и телеметрическими данными автопилота загружаются в специализированное программное обеспечение, в котором изображения объединяются в 3D-план. Полученный план экспортируется в систему, где происходит анализ полученных данных [4].

Создание аппаратно-программного комплекса на базе искусственных нейронных сетей с применением функций распознавания и прогнозирова-

ния поступающих данных позволит автоматически выявлять дефекты ВЛЭП, а также предлагать способы устранения их.

Использование БАС, является одним из лучших средств получения оперативной информации о состоянии воздушных линий электропередач. Полученные данные позволяют компаниям, занимающимся эксплуатацией линий электропередач, анализировать их состояние и принимать правильные решения, основываясь на точных фактах, а не на субъективном мнении рабочего персонала, осматривающего линию. Мониторинг воздушных линий электропередач с помощью БАС является более оперативным и достоверным по сравнению с наземными методами контроля, что в свою очередь повышает надежность системы электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гук, Ю. Б. Анализ надежности электроэнергетических установок / Ю. Б. Гук. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1988. – 224 с. – Текст : непосредственный.

2. Савоськин, Н. Е. Надежность электрических систем: учеб. пособие для вузов / Н. Е. Савоськин. – Пенза: Издательство Пензенский гос. ун-т, 2004. – 102 с. – Текст : непосредственный.

3. «Российские беспилотники» : Возможности применения беспилотных авиационных систем для мониторинга воздушных ЛЭП : [сайт]. – URL : <https://russiandrone.ru> (дата обращения: 09.11.2019). – Текст : электронный.

4. Барбасов, В. К. Применение беспилотных авиационных комплексов в электроэнергетике для мониторинга ЛЭП / В. К. Барбасов., Д. А. Шаповалов. – Текст : непосредственный // Энергия единой сети. – 2016. – № 2. – С. 34-42.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКЛОУЗЕРОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Логунов А. В., магистрант, logunovav97@mail.ru

Рохлов В. А., магистрант, rohlov.vlad.97@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Основной проблемой в распределительных сетях электроснабжения среднего класса напряжения является низкий уровень автоматизации и телемеханизации, одним из решений является внедрение реклоузеров в качестве пунктов секционирования. Однако потенциал реклоузеров используется не в полной мере. В статье представлены основные функциональные возможности реклоузеров и перспективы их использования для систем Smart Grid, в том числе в рамках мультиагентных технологий.

Ключевые слова: реклоузер, распределительные сети, надежность, автоматизация, Smart Grid.

На сегодняшний день одним из самых проблемных секторов распределительных сетей остаются воздушные сети напряжением 6-35 кВ ввиду сложности их обслуживания из-за труднодоступности, малой автоматизации и телемеханизации. Среднее число отключений в таких сетях составляет до 25 случаев на 100 км. Поиски решения проблемы начались еще в середине прошлого столетия в США, когда анализ частых отключений показал, что в 80-90 % случаев причиной являются схлестывание проводов, касание ветвями деревьев, перекрытия при грозовых воздействиях и т.п., то есть неустойчивые повреждения. Такие повреждения часто легко устраняются при повторном включении линии, поэтому появилась необходимость создания устройства, которое бы могло автоматически отключать линию и производить повторное включение. Такое устройство получило название реклоузер.

Несмотря на то, что первые реклоузеры, которые появились в 1940-е годы имели несовершенную конструкцию, с их созданием и последующей модернизацией в энергетическом комплексе появилось и получило развитие новое направление аппаратостроения. К началу 1980-х годов в американских стандартах было дано определение реклоузера и даже разработан специальный стандарт – ANSI-37.60-1981 (в настоящее время IEEE C37.60-2003) [1].

В России реклоузеры долгое время являлись только пунктами секционирования. Первым производителем малогабаритных пунктов секционирования в России называют компанию «Мосэлектроцит». В 1991 году были разработаны комплектные устройства серии К-102 и К-108 – первые пункты секционирования на основе вакуумного выключателя ВВ/TEL в

России. В 1992 году – устройства серии К-112 – первый массовый серийный пункт секционирования с вакуумными выключателями. В 1993 году появился типовой (отраслевой) проект «Сельэнергопроекта» на базе ячеек серии К-112, который заложил основы массового применения пунктов секционирования (реклоузеров) в России.

Сегодня реклоузер – это устройство автоматического управления и защиты воздушных линий электропередач (ВЛЭП), выполненное на основе вакуумных выключателей специальной конструкции, с микропроцессорным блоком управления и защиты, а также измерительными трансформаторами и вспомогательной аппаратурой. Все это уместается в малогабаритном защищенном корпусе, который может крепиться непосредственно на опоре ВЛЭП. Одним из основных положительных свойств реклоузера является его необслуживаемость, это важно так как устанавливаются они на протяженных участках распределительной сети, часто в труднодоступных местах. Также существует возможность интеграции реклоузеров в единую информационную систему управления режимами электроэнергетических систем, благодаря наличию интегрированных контроллеров присоединения и соответствию идеологии Plug and Play. Все это соответствует требованиям, предъявляемым к оборудованию в рамках программы инновационного развития электросетевого комплекса в положении ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе»[2].

Не смотря на отмеченные преимущества реклоузеры не находят широкого применения в сетях среднего напряжения. Это связано с отсутствием необходимой инфраструктуры и подготовки персонала.

Целью данной работы является проведение анализа перспективного использования реклоузеров в распределительных сетях электроснабжения 6-10-35 кВ, выполненных ВЛЭП.

Известно, что применение реклоузеров позволяет сократить количество отключений потребителей при неустойчивых повреждениях, автоматизировать процесс локализации поврежденного участка и реализовать все основные варианты секционирования ВЛЭП, а именно[3]:

1. Секционирование линий с односторонним питанием и сетевым резервом;
2. Секционирование линий с применением плавких предохранителей;
3. Разборка и сборка длинных фидеров;
4. Построение открытых распределительных устройств;
5. Подключение абонентов электрической сети;
6. Разграничение балансовой принадлежности между субабонентами;
7. Оптимизация диспетчерского управления сетью;
8. Резервирование потребителей от двух и более независимых источников.

Это в свою очередь снижает показатели SAIDI и SAIFI. Эквивалентная продолжительность перерывов в электроснабжении на одного потребителя (SAIDI – System Average Interruption Duration Index) – среднее время отключения одного потребителя в системе рассчитывается по следующей формуле:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot N_i}{N_T}, \quad (1)$$

где N_i – количество потребителей в системе, где был перерыв в электроснабжении (i); r_i – время перерыва(i), в часах; N_T – общее количество потребителей в системе.

Эквивалентная частота перерывов в электроснабжении на одного потребителя (SAIFI – System Average Interruption Frequency Index) – среднее число перерывов на одного потребителя, который был отключен, в течение определенного периода времени рассчитывается по формуле:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{N_T}, \quad (2)$$

где i – число перерывов, от 1 до n ; N_i – число потребителей в системе, где был перерыв в электроснабжении (i); N_T – общее количество потребителей в системе.

Первые проекты управления сетями с помощью реклоузеров успешно реализованы в Южных электрических сетях (ЮЭС) ОАО Белгородэнерго, в Бугульминских электрических сетях ОАО «Сетевая компания», в сетях АО «Янтарьэнерго» и др.

Возможность управления реклоузерами с помощью SCADA уже сейчас позволяет создавать интегрированные системы с дистанционным взаимодействием. Схема такого управления представлена на Рис. 1.

Наличие в каждом реклоузере датчиков, контролирующих основные показатели распределительной сети, позволит создать общую сеть данных, на основе которой возможно обучение нейронных сетей и создание агентов актуальных для распределительных сетей: прогнозирования, эксплуатации и логистики. На основе получаемых данных возможно выполнять краткосрочные и долгосрочные прогнозы энергопотребления и потерь электроэнергии; контролировать режимы работы энергосистемы, осуществлять планирование обслуживания, ремонта и замены оборудования; оптимизировать передачу и распределение энергии.

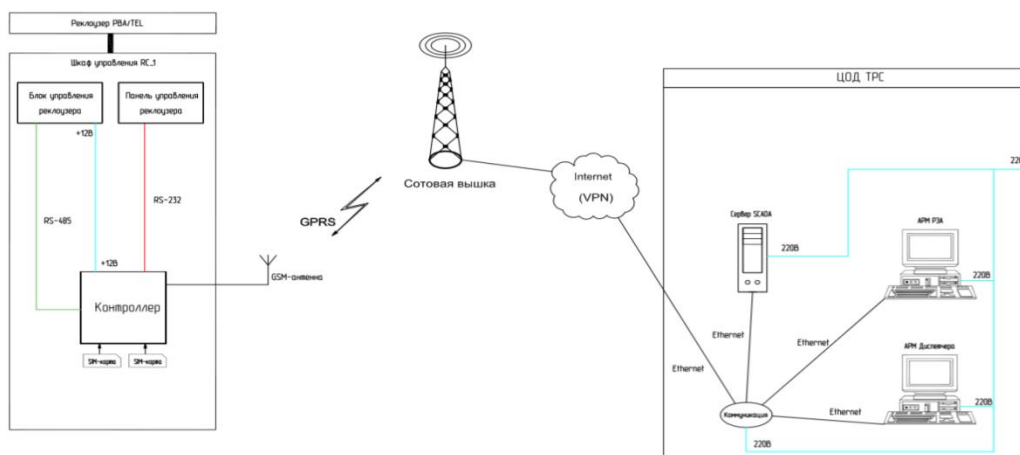


Рис. 1. Схема дистанционного управления реклоузером с помощью SCADA системы

Таким образом, реклоузеры имеют потенциал для внедрения перспективных технологий Smart Grid, поэтому их применение является важным шагом на пути к всеобщей цифровизации электроэнергетики определенной в концепции ПАО «Россети» «Цифровая трансформация 2030»[4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Симонов, А. Новый уровень управления аварийными режимами распределительных сетей с помощью реклоузеров / А. Симонов. – Текст : электронный // Электрик. – 2012. – № 11. – URL: http://www.electrician.com.ua/files/EL_11-12p8-11.pdf (дата обращения: 10.11.2019).
2. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе». – Текст : электронный // ПАО «Россети» : [сайт]. – URL : <https://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/tehpolitika.pdf> (дата обращения: 08.11.2019).
3. Реклоузер вакуумный серии РВА/TEL. ТШАГ 674153.101 ТИ. Техническая информация. – Текст : электронный // Таврида Электрик Украина : [сайт]. – URL : http://tavrida-ua.com/documents/download_document/21_vakuumnyy_reklouzer_rvatel-10-125630_u1.html (дата обращения: 09.11.2019).
4. Концепция ПАО «Россети». «Цифровая трансформация 2030». – Текст : электронный // ПАО «Россети» : [сайт]. – URL : https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformat siya_2030.pdf (дата обращения: 05.11.2019).

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА, ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ТРУДНОДОСТУПНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

Лосев Д. Я., обучающийся, blood6dragon6killer6@bk.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В этой статье был проведён анализ проблемы отсутствия электрификации нефтяных месторождений Тюменской области, на основании которого выбран тип ветрогенератора и проведено его теоретическое и техническое обоснование, Актуальность проблемы строится из экономических показателей и процента добычи от общего объёма добываемого сырья в стране. Целью стоит обеспечить электроэнергией нефтяные месторождения для увеличения темпа и качества добычи, уменьшение габаритов, стоимости ветроустановки.

Ключевые слова: Ветрогенераторы, чистая энергия, ветровая энергия, возобновляемая энергия, конфузоры.

Тюменская область занимает лидирующие позиции по нефтедобыче в стране и от работоспособности прилегающих к ней месторождений зависит инфраструктура страны, но проблема электрификации снижает темп и качество добычи нефтяных ресурсов. Проанализировав проблему было найдено решение. Разработка оптимальной модели ветрогенератора, способной работать при критических температурах.

Таблица 1

Параметры ветрогенератора

Ветрогенераторы		
	Вертикальная ось вращения	Горизонтальная ось вращения
Устойчивость	+	-
Требовательность к техническому обслуживанию	-	+
Необходимость ориентации на ветер	-	+
Запуск при малых порывах ветра	+	-
Устойчивость к низким температурам и их перепадам	+	-

Исходя из сравнительного анализа, для реализации идеи больше подойдут ветрогенераторы с вертикальной осью вращения лопастей.

Рабочая схема вертикального ветрогенератора представлена на Рис.1.

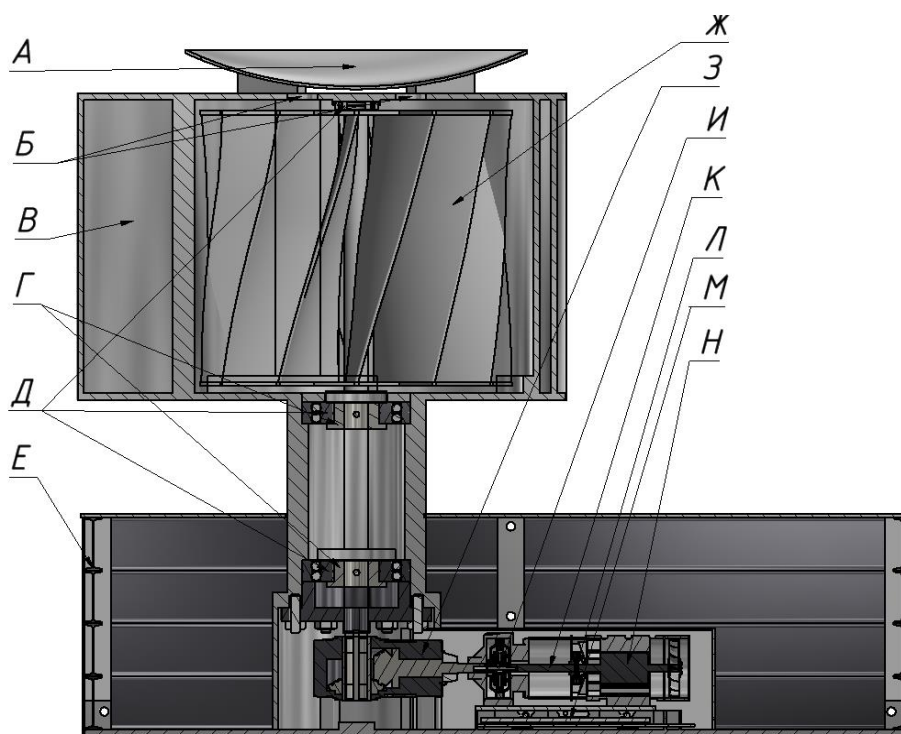


Рис. 1 – Схема вертикального ветрогенератора: А – Конфузорно-диффузорная чаша, Б – Вентиляционные отверстия, В – Корпус внутренней камеры.Г. – Фиксирующие втулки, Д – Радиально-упорные подшипники(900мм\360мм), Е – Двухавр 45М ГОСТ 19425-74, Ж – Лопасти, З –Конический Редуктор Rossi CL 360 U02A-10B3, И – Редуктор планетарного типа СИН 72, К – Вал, Л – Компенсирующая муфта, М – Модуль линейного перемещения по 2 степеням свободы, Н – Генератор переменного тока ГС-100-Б-КМ.

Для выработки нужной мощности(100кВт/ч), нужно сконцентрировать всю мощность ветряного потока на лопасти ветрогенератора. Мощность по определению равна отношению работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, где работа осуществляется изменением кинетической энергии ветра

$$N_{nom} = \frac{dT}{dt} = \frac{\rho S v^3}{2} = \frac{\rho \pi r^2 v^3}{2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность ветряного потока; S – ометаемая площадь лопасти; v – скорость ветра.

Выразив скорость из формулы (1), получим её минимальное значение при радиусе лопасти $r = 4(м)$ и плотности воздуха при н.у. равной $\rho = 1,2754 \left(\frac{кг}{м^3} \right)$

Ниже приведён график зависимости скорости ветра от радиуса лопасти $v(r)$:

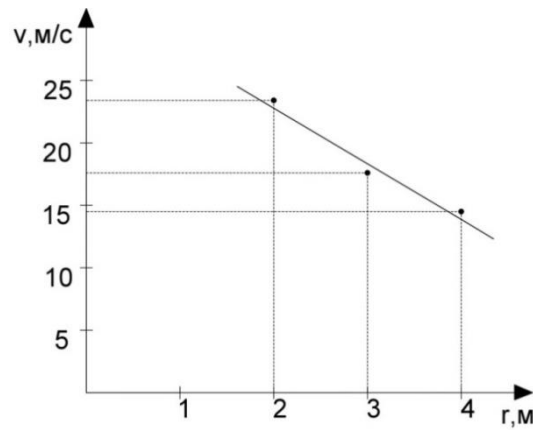


Рис.2. График зависимости $v(r)$

С увеличением радиуса лопасти, уменьшается минимальная скорость ветра, нужная для продуцирования энергии.

Особенности конструкции корпуса камеры, позволят снижать давление внутри за счёт:

1. Конфузор, построенный логарифмической зависимостью, позволит концентрироваться входящему ветряному потоку по спирали при засасывании в камеру без потери скорости на сопротивление и перепады давления, в следствии образующих зоны турбулентности. По Эффекту Вентури при увеличении скорости ветряного потока, понижается его давление в среде для сохранения равенства, что видно из формулы Бернулли:

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh + P_1 = \uparrow \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh + \downarrow P_2, \quad (2)$$

где ρ – плотность ветряного потока; v – скорость ветра; P – давление в камере; h – высота; g – ускорение свободного падения.

2. Концентрирующая чаша предназначена для понижения давления в рабочей камере и концентрированию потока по вертикали с помощью эжекции, что в свою очередь повысит скорость на выходе, а также эффективность всех концентраторов и ветроустановки в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Шефтер, Я. И. Изобретателю о ветродвигателях и ветроустановках / Я. И. Шефтер, И. В. Рождественский. – Москва : Минсельхозиздат, 1957. - 37 с. – Текст : непосредственный.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ДЕМПФИРОВАНИЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ АГРЕГАТОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Мазко В. Н., магистрант, zxcv96.96@mail.ru.

Обвинцев А. Е., магистрант, Obvintsev.Aleksey@yandex.ru.

г. Омск, Омский государственный технический университет

Аннотация. Явление субсинхронного резонанса является опасным для энергосистемы и может привести к нарушению ее устойчивости. Вследствие субсинхронного резонанса также могут появиться механические повреждения валов турбоагрегатов. В статье рассмотрено явление субсинхронного (электромеханического) резонанса и крутильные колебания, как следствие резонанса. Приведен обзор основных способов подавления крутильных колебаний.

Ключевые слова: субсинхронный резонанс, крутильные колебания, демпфирование, расчетная модель, резонансные явления.

Основной причиной появления кольцевых трещин в роторах турбоагрегатов, являются крутильные колебания, возникающие в следствии электромеханического резонанса. Крутильные колебания могут возникать в любых агрегатах, имеющих крутящиеся подвижные части (валы, роторы и т.д.).

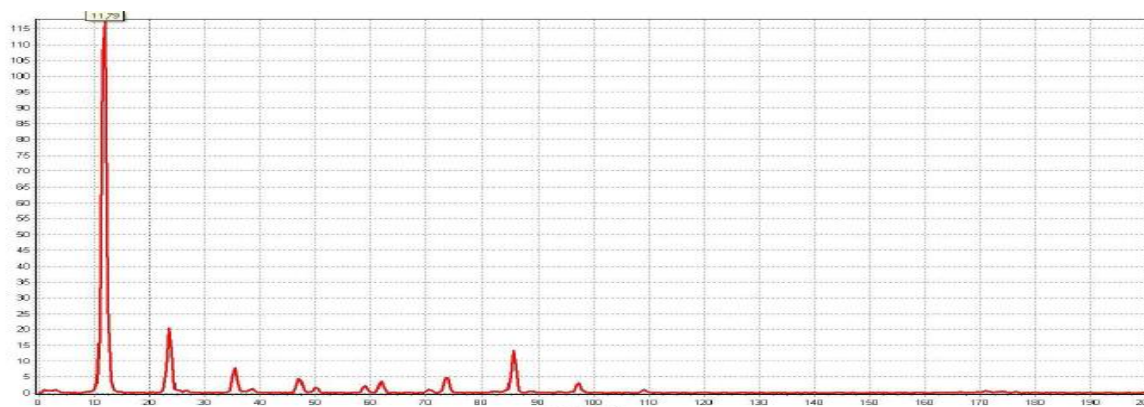


Рис. 1. Спектр крутильных колебаний

После двух последовательных случаев возникновения режима опасного резонанса турбогенераторов в США на электростанции в Мохаве в 1970 и 1971 годах субсинхронному резонансу было уделено большое внимание. Оба случая были связаны с нарушением механической прочности. Аналогичный случай произошел в 2014 году на нескольких турбоагрегатах газотурбинной электростанции в России, который имел ту же причину Рис.1 [1].

Крутильные колебания – колебательные движения, при которых упругие элементы испытывают деформации сдвига. При наличии крутильных колебаний вращение валов описывается законом:

$$\varphi = \omega_0 t + \varphi_0 \sin kt, \quad (1)$$

где φ – фаза колебания, ω_0 – угловая скорость, φ_0 – угол отклонения.

Вероятность появления субсинхронного резонанса значительно возрастает при использовании установок продольной емкостной компенсации, когда одна из собственных частот валопровода совпадает с частотой электромагнитных колебаний.

Последовательное соединение индуктивности и ёмкости формирует колебательную систему, которая имеет собственную частоту, лежащую ниже синхронной. В таком случае возможен обмен энергии между валопроводом на одной или нескольких частотах, которые лежат ниже синхронной частоты, и электрической сетью – субсинхронный резонанс.

Крутильные взаимодействия происходят тогда, когда индуцированный субсинхронный момент в генераторе близок к одной из собственных составляющих крутильных колебаний валопровода и могут приводить к разрушению валопроводов.

Подавление крутильных колебаний.

Система возбуждения предназначена для подавления крутильных колебаний. Однако, при использовании обычной для системного стабилизатора структуры регулирования, демпфирование, вносимое регулятором, зависит от режима работы электрической сети. Изменение активной или реактивной мощности генератора может привести к резкому изменению демпферных свойств системы и появлению составляющих движения с большими показателями возрастания амплитуды колебаний, таким образом, регулирование возбуждения не всегда эффективно.

Устройства FACTS (Flexible AC Transmission System) открывают новые возможности управления мощностью и пропускной способностью линий электропередачи. [2, 3]. Одними из распространенных устройств FACTS, являются установки продольной емкостной компенсации (УПК) с тиристорным управлением. Преимуществами последовательной компенсации, являются: улучшение регулирования напряжения и баланса реактивной мощности, так как при ее использовании увеличивается генерация реактивной мощности по мере увеличения передаваемой мощности, плавное регулирование реактивного сопротивления ЛЭП, непрерывное поддержание требуемой величины компенсации, плавное управление потоками мощности в сети, демпфирование колебаний с частотой от 0,5 до 2 Гц.

В настоящее время используются четыре основных варианта подавления субсинхронного резонанса [4]. Первый состоит из активного сопротивления сравнительно большой величины, включенного через управляемый тиристорный коммутатор параллельно конденсаторным батареям. Второй представляет собой последовательно включенные конденсаторы с

тиристорным управлением (TCSC) за счет изменения тока в параллельно включенной индуктивности. Ток в индуктивности, а, следовательно, и степень компенсации продольного сопротивления воздушных линий изменяется путем варьирования угла зажигания тиристоров. Третий предусматривает включение управляемого шунтирующего реактора вблизи одного из зажимов емкости. Возможен также вариант включения управляемых шунтирующих реакторов (УШР) вблизи генераторов. Четвертый предлагает включение активного сопротивления большой величины на землю вблизи емкости. Величина тока, протекающего по сопротивлению, регулируется тиристорным устройством, ограничивающим резонансные явления.

Основным мероприятием по демпфированию составляющей крутильных колебаний, является применение дополнительных каналов регулирования по частоте напряжения и ее производной. В этом случае все составляющие движения ротора имеют запас статической устойчивости, что доказывается расчетами переходных процессов при больших возмущениях, учитывающими, что АРВ генератора не содержит дополнительных каналов регулирования (только АРН) [4].

В дальнейшем необходимо, учитывать возможность возникновения субсинхронного резонанса в электроэнергетических системах, обязательно просчитывать такие режимы, определяя резонансные частоты, и внедрять мероприятия, исключающие появление электромеханических резонансов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возникновение электромеханического резонанса на газотурбинной электростанции / Д. В. Рысев, П. В. Рысев, В. К. Федоров [и др.]. – Текст : непосредственный // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. - 2017. - № 1. – С. 159-163.

2. Magnetically controlled shunt reactor application for AC HV and EHV transmission lines / A. Bryantsev, V. Dorofeev, M. Zilberman [et al.]. – Direct text // CIGRE Session. HVDC and Power Electronics - 2006. - B4-307. – Pp. 135-138.

3. Pilotto L. A. S. Impact of TCSC control methodologies on subsynchronous oscillations / L. A. S. Pilotto, A. Bianco, W. F. L. Long, A. A. Edris. – Direct text // IEEE Trans on Power delivery. - 2003. - Vol. 18, № 1. - Pp. 243-252.

4. Беляев, А. Н. Динамические свойства и устойчивость транзитных электропередач и автономных энергосистем с новым управляемым силовым оборудованием : 05.14.02. : дис. ... докт. техн. наук / А. Н. Беляев. - Санкт-Петербург : СПбПУ, 2011. – 276 с. - Текст : непосредственный.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Малькова Я. Ю., бакалавр, yamalkova96@gmail.com

Уфа Р. А., канд. техн. наук, доцент, hecn@tpu.ru

г. Томск, Томский политехнический университет

Аннотация. В настоящее время развитие мировой электроэнергетической отрасли связано с освоением возобновляемых энергетических ресурсов, таких как солнце, ветер, биомасса и др., проектированием, строительством и последующей эксплуатацией энергетических объектов, использующих в качестве топлива данный вид первичных ресурсов. При проектировании энергетического объекта, в частности, при определении его установленной мощности и оптимального места установки в электроэнергетической системе, необходимо учитывать технологические аспекты: топологию системы, способы подключения к системе, требования к оборудованию релейной защиты и автоматики, экономические аспекты, экологические аспекты и др. Для решения задачи определения оптимального места установки объекта возобновляемой генерации применяются различные методы математического моделирования, каждый из которых обладает своими достоинствами и недостатками. На сегодняшний день наибольшей популярностью пользуются мета-эвристические методы. В рамках настоящей статьи рассмотрена программная реализация одного из мета-эвристических методов – генетического алгоритма. Кроме того, определены переменные параметры многоцелевой функции и вклад каждого из них в достижение минимально возможного значения данной функции для получения оптимального решения поставленной задачи.

Ключевые слова: возобновляемые энергетические ресурсы, оптимальное место установки, методы, генетический алгоритм.

Сегодня одной из исследовательских задач является определение оптимального места установки объекта возобновляемой генерации в электроэнергетической системе (ЭЭС) и его установленной мощности. Решение данной задачи позволит снизить потери электрической энергии, улучшить качество поставляемой электрической энергии, а также решить ряд сопутствующих технологических проблем подключения объектов генерации на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в ЭЭС.

Метод математического моделирования, наиболее часто используемый для решения задач оптимизации, в данном случае предполагает создание модели ЭЭС с включением в нее объектов ВИЭ с целью определения влияния распределенной генерации (РГ) на режимные параметры ЭЭС и величину отклонений данных параметров от их номинальных значений в нормальном режиме работы.

К методам математического моделирования относят аналитический, численный и мета-эвристический алгоритмы [1]. Эффективность применения того или иного алгоритма зависит от условия решаемой задачи.

Аналитические алгоритмы включают дифференциальный метод, правило двух третей, метод множителей Лагранжа и др. Недостатком использования аналитических алгоритмов и, в частности, метода множителей Лагранжа, применительно к решаемой задаче определения оптимального места установки РГ в ЭЭС, является условие дифференцируемости исходных функций, таких как ток, напряжение и мощность ЭЭС. Резкое скачкообразное изменение данных параметров ЭЭС неизбежно приводит к нарушению условия дифференцируемости исходных функций и, соответственно, в разы снижает эффективность применения аналитических алгоритмов для решения поставленной задачи.

Численные алгоритмы включают линейное, нелинейное, динамическое программирование и др. Недостатком использования численных алгоритмов является относительно быстрый ввод исследуемой функции в состояние глубокого локального минимума и затруднительный вывод из него. Преодоление локальной ямы может занять продолжительное время, сравнимое со временем непосредственного перебора возможных вариантов решения задачи. Кроме того, к численным методам относится метод ручного перебора возможных вариантов решения, однако реализация данного метода занимает значительно большее время, чем любой реализуемый методом программной логики алгоритм, что предопределяет его низкую эффективность для решения задач оптимизации.

Мета-эвристические алгоритмы включают эвристический алгоритм (heuristic algorithm), генетический алгоритм (genetic algorithm (GA)), метод роя частиц (particle swarm optimization (PSO)), улучшенный метод роя частиц (improved PSO (IPSO)) и др.

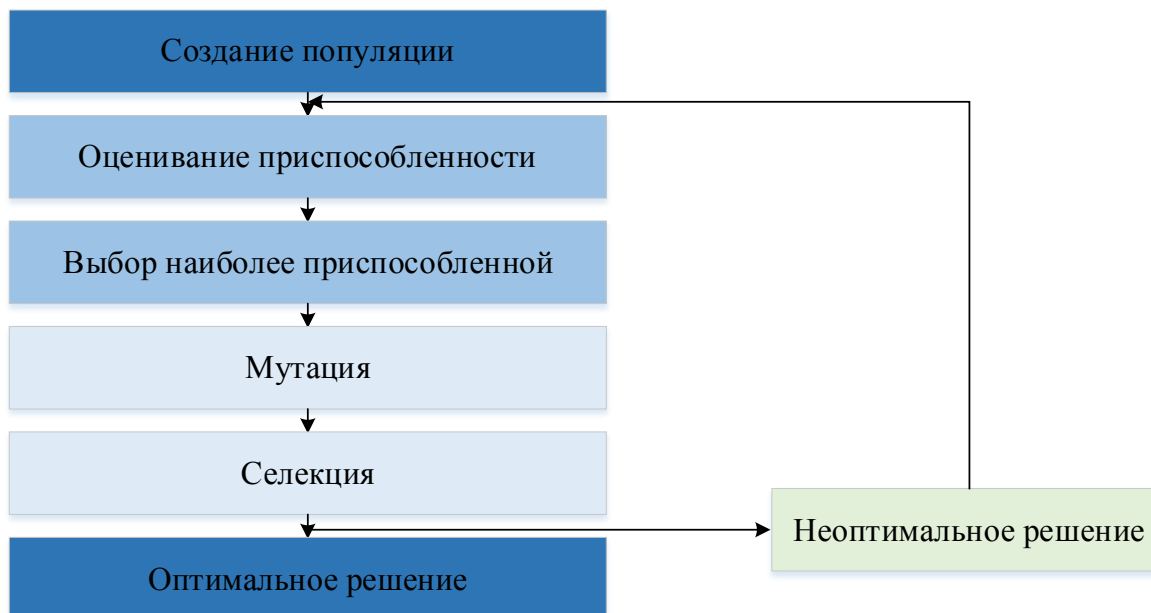


Рис. 1. Блок-схема генетического алгоритма (GA)

Согласно Рис. 1, ГА основан на процессах естественного отбора и эволюции. Данный алгоритм моделирует биологические процессы, которые, в свою очередь, помогают будущим популяциям адаптироваться к окружающей среде. ГА предполагает сравнение нескольких вариантов популяций, характеризующихся значениями определенного набора параметров. Основным оценочным параметром является значение многоцелевой функции (МЦФ). Популяции с минимальным значением МЦФ отбираются, после чего скрещиваются и дают потомство. Потомство на каждой стадии селекции оказывается более приспособленным к условиям решаемой задачи и все более соответствует оптимальному решению. Преимущество ГА перед численными алгоритмами заключается в том, что в процессе поиска оптимального решения исследуемая функция – МЦФ, не вводится в состояние глубокого локального минимума, так как каждому скрещиванию предшествует процесс мутации, заключающийся в случайном изменении значения одного из параметров популяции на противоположное. Если на данной стадии цикла значение МЦФ не является минимальным – решение неоптимальное, цикл повторяется вновь.

Алгоритмы программной логики являются лишь методом реализации основного условия определения оптимального места установки РГ в ЭЭС и ее установленной мощности – минимизации значения МЦФ. В рамках данной задачи МЦФ определяется суммарным значением потерь в ЭЭС. Получение минимального значения МЦФ достигается посредством уменьшения значений следующих переменных параметров МЦФ: значений активных и реактивных потерь в ЭЭС, изменения уровня напряжения – поддержание стабильного уровня напряжения. Для обеспечения минимизации данных параметров на МЦФ накладываются следующие ограничения: уровень напряжения на шинах должен варьироваться в допустимых пределах на протяжении всего оптимизационного процесса; величина тока, проходящего через каждый фидер, не должна превышать максимально допустимого значения; сохранение баланса мощности в ЭЭС.

В заключение можно отметить, что развитие электроэнергетической отрасли напрямую связано с исследованием альтернативной генерации, в частности, объектов ВИЭ. Масштабному внедрению РГ в ЭЭС препятствует технологический фактор, связанный с необходимостью анализа взаимного влияния РГ и ЭЭС и, соответственно, проведения исследований по определению оптимального места установки и мощности РГ.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, грант №МК-2150.2019.9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация местоположения и мощности малой генерации в распределительных сетях / С. А. Ерошенко, А. А. Карпенко, С. Е. Кокин, А. В. Паздерин. – Текст : непосредственный // Проблемы энергетики. - 2012. - № 1-2. - С. 82-89.

УДК 620.98

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В РЕГИОНАХ РОССИИ

Минваева М. С., обучающийся, mmargaritas@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрены преимущества возобновляемых источников энергии, их неисчерпаемость в сравнении с запасами ископаемых топлив. Возобновляемые источники энергии являются перспективным направлением обеспечения энергетической эффективности.

Ключевые слова: возобновляемая энергия, энергетическая эффективность, энергосбережение, энергетическая система, энергетическая политика.

Цель энергетической политики России – обеспечить «эффективность использования природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики страны» [0].

Важное место в топливно-энергетическом балансе отводится использованию возобновляемых источников энергии, которые позволяют не только сбалансировать энергетический спрос, но и снизить уровень негативного воздействия на окружающую среду.

К возобновляемым источникам энергии относится, в частности, энергия солнца, ветра, воды и др. Понятие таким источникам дано ФЗ «Об электроэнергетике» [2]. Их ресурс составляет более 4,5 млрд. тонн у.т. в год, что в 4 раза превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов в нашей стране. Преобладающую долю потенциала такой энергии занимают энергия солнца и энергия ветра [1].

Отметим, что солнечная энергия в целом – наиболее чистый в экологическом контексте вид энергии, который основан на преобразовании электромагнитного излучения в энергию: тепловую или электрическую [3]. Однако, доступность ее для регионов России низкая.

Ветер – один из наиболее перспективных источников. При этом основным отрицательным моментом при использовании данного вида энергии является аэродинамический шум и угроза гибели птиц [4].

Преимущество возобновляемых источников – их неисчерпаемость. Использование их в качестве альтернативных источников давно привлекают внимание специалистов. Сегодня более 20% электроэнергии в мире производится именно с помощью альтернативных источников, к которым, в частности, относятся гидроэлектростанции, солнечные станции, ветрогенераторы, электростанции, работающие на основе приливов, течений и волн. А в некоторых странах, например, в Дании за счет возобновляемых источников энергии вырабатывается порядка половины всей электроэнергии, в Германии – около трети.

В России доля энергетических ресурсов, производимых с помощью таких ресурсов в общем объеме в 2018 году составила 17,3 %, и увеличилась по сравнению с 2017 годом на 0,3%, а по сравнению с 2012 годом – на 2%. При этом в отдельных федеральных округах данный показатель значительно превышает среднероссийский показатель. Так, в Сибирском федеральном округе он составил 52,3% (рост на 6,5%), Северо-Кавказском – 29,6% (рост на 4,17%), Дальневосточном – 26,3% (снижение на 7,09%). Наименьший показатель отмечается в УРФО – всего 0,01 %.

Использование возобновляемых источников является одним из перспективных направлений энергосбережения и повышения энергоэффективности нашей страны, что подтверждается принятыми федеральными и региональными нормативными правовыми актами в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Следует отметить, что базовым документом, направленным на регулирование энергосбережения и энергоэффективности экономики нашей страны, в том числе включая механизмы государственного управления (государственной поддержки) и меры стимулирования энергосбережения является Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ [5]. В соответствии с ним, региональные и муниципальные программы в области энергосбережения и повышения энергоэффективности должны содержать мероприятия по увеличению количества случаев использования в качестве источников энергии вторичных и возобновляемых источников энергии.

Например, внедрение возобновляемых источников энергии в энергобаланс Республики Саха (Якутия) позволит частично заменить автономные дизельные энергосистемы (с износом 70 – 80 %), не обеспечивающие надежного энергосбережения изолированных потребителей и добиться экономии дорогостоящего для республики топлива [6]. Республика Кабардино-Балкария имеет развитую гидрографическую сеть, однако здесь еще слабо освоены гидроэнергетические ресурсы. Выявлена техническая возможность строительства в республике около 50 гидроэлектростанций, с

выработкой электроэнергии до 8 400 млн. кВт*ч. Что позволит республике из энергодефицитного региона стать «донором» электроэнергии [7].

На территории Тюменской области наиболее перспективным является ввод ветрогенерирующих установок в территориально удаленных от единой энергетической системы районах для их обеспечения без подключения ветрогенерирующих установок к сети. Резервным источником энергии будет являться маневренная дизельная установка, работающая во время штиля. Ввод данных установок позволит снизить зависимость отдаленных поселений от дизельного топлива, а также будет способствовать снижению себестоимости электроэнергии в этих поселениях [3]. Следует отметить, что в соответствии с региональной программой Тюменской области «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» до 2020 года [8] доля объема энергоресурсов, производимых с использованием возобновляемых источников или вторичных, в общем объеме незначительна и по прогнозу равна в 2020 году 0,22 % с ростом с 2015 года на 0,03%.

Таким образом, использование возобновляемых источников энергии перспективное направление, как в целях энергетической эффективности, так и в вопросе решения современных экологических проблем. Ведь процессы получения электрической и тепловой энергии от возобновляемых источников энергии значительно безопаснее с точки зрения экологии, чем от электростанций на органическом топливе. При этом каждый вид возобновляемой энергии по-своему влияет на экологию окружающей среды и здоровье людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об энергетической стратегии России на период до 2030 года : распоряжение Правительства № 1715-р : [утверждено распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г.] // Собрание законодательства Российской Федерации. - 30.11.2009 г. - № 48. - Ст. 5836. – Текст : непосредственный.

2. Российская Федерация. Законы. Об электроэнергетике: Федеральный закон № 35-ФЗ : [принят Государственной Думой 21 февраля 2003 года]. - Москва : Проспект, 2010 г. – 64 с. - ISBN: 978-5-392-01534-4. – Текст : непосредственный.

3. Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Тюменской области на 2015-2019 годы : распоряжение Правительства Тюменской области № 1380-рп : [утверждена распоряжением Правительства Тюменской области от 28.07.2014]. – Текст : электронный // Тюменская область. Портал органов государственной власти : [сайт]. – URL : https://admtumen.ru/ogv_ru/gov/open-gov/publik_NPA.htm?id=238176 (дата обращения: 10.11.2019).

4. Юмаев, Н. Р. Экологические аспекты применения возобновляемых источников энергии / Н. Р. Юмаев. – Текст : электронный // Современные тенденции технических наук : материалы VI Междунар. науч. конф. – Казань, 2018. – URL : <https://moluch.ru/conf/tech/archive/300/14145/> (дата обращения: 10.11.2019).

5. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности: Федеральный закон №261-ФЗ от 23.11.2009 [принят Государственной думой 11 ноября 2009 года : одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 года]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2010. – 105 с. – Текст : непосредственный.

6. Республика Саха (Якутия). Указ. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на 2012-2016 годы и на период до 2020 года : Указ Президента Республики Саха (Якутия) № 1464 : [утвержден указом Президента Республики Саха (Якутия) от 08.06.2012]. – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : [сайт]. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/473501755> (дата обращения: 10.11.2019).

7. Кабардино-Балкарская Республика. Постановление. О государственной программе Кабардино-Балкарской Республики «Энергоэффективность и развитие энергетики в Кабардино-Балкарской Республике : постановление Правительства Кабардино-Балкарской Республики № 310-ПП : [Принято постановлением Правительства Кабардино-Балкарской Республики от 27.11.2013]. – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : [сайт]. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/424053499> (дата обращения: 10.11.2019).

8. ХМАО-Югра. Распоряжение. О вопросах энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре : распоряжение Правительства ХМАО-Югры № 89-рп : [Принято распоряжением Правительства ХМАО-Югры от 19.02.2010]. – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : [сайт]. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/468901545> (дата обращения: 10.11.2019).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Набунский И. А., аспирант, nabunskii@tpu.ru
Глазырин А. С., д-р техн. наук, доцент, asglazyrin@tpu.ru
г. Томск, Томский политехнический университет

Аннотация. Предъявление высоких требований к системам управления электроприводов обуславливает применение большого количества датчиков. В свою очередь применение множества датчиков снижает эксплуатационную надежность, увеличивает массогабаритные показатели электропривода. С целью избежать данных недостатков необходимо, использовать наблюдатель – техническое устройство, которое по известным переменным двигателя (токи, напряжения) вычисляет не измеряемые переменные. Целью исследования является аналитический обзор существующих наблюдателей переменных состояния асинхронного электропривода. Результатом данной работы является выбор наиболее подходящего наблюдателя переменных состояния для электропривода с повышенным диапазоном регулирования.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, асинхронный электропривод, наблюдатель, переменные состояния.

При прямом измерении переменных состояния асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, имеются следующие недостатки: дополнительные затраты на установку и обслуживание датчиков, трудность в измерении потокосцепления ротора, снижение надежности всей системы электропривода. Анализируя вышесказанное необходима такая система управления электроприводом, которая компенсирует данные недостатки и будет малочувствительна к изменению внутренних параметров объекта. Наиболее известными и распространенными из наблюдателей оценки переменных состояния асинхронного электропривода являются:

1. Наблюдатель полного порядка на основе наблюдателя Льюенбергера (НЛ);
2. Наблюдатель полного порядка на основе фильтра Калмана (ФК);
3. Наблюдатель на основе искусственной нейронной сети (НС).

Наблюдатели строятся на основе математической модели электромагнитных процессов происходящих в асинхронном двигателе, либо имеют свою структуру, например как нейронная сеть. Нейронная сеть имеет в своей структуре три слоя (входной, скрытый, выходной), которые могут состоять из различного количества нейронов.

Преимущества и недостатки, а также критерии результативности данных наблюдателей, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Преимущества, недостатки, критерии результативности наблюдателей

Наименование наблюдателя		НЛ	ФК	НС
Преимущества		Несложное математическое описание, наблюдение в режиме реального времени за всеми переменными асинхронного двигателя	Стохастическая модель, адаптивный способ отработки невязки	Учёт всех особенностей идентифицируемого объекта в процессе тренировки
Недостатки		Высокая чувствительность к изменению внутренних параметров объекта, необходимость знания коэффициентов дифференциальных уравнений	Сложный математический аппарат, трудность учёта негауссовских помех	Необходимость обучения нейронной сети, возможность переобучения
Критерий результатив-	Вычислительный ресурс компьютера	-	+	+
	Робастность	-	-	+
	Работа в режиме реального времени	+	+	+
	Необходимость в информации о параметрах идентифицируемого объекта	+	+	-

Согласно экспериментальным данным из [1], нейросетевой наблюдатель обладает высокой точностью оценки переменных состояния, среднеквадратичная погрешность оценки угловой скорости АД в различных режимах работы не превышает 2%, для наблюдателя на основе фильтра Калмана она составляет 7.8% (максимальное отклонение), для наблюдателя Люенбергера – 11.905% (максимальное отклонение). Данные эксперимента были получены в условиях несинусоидальности напряжений и токов, перекоса фаз, флуктуации внутренних параметров асинхронного двигателя.

Исходя из поставленной задачи, для электропривода с повышенным диапазоном регулирования наиболее приемлем наблюдатель на основе искусственной нейронной сети, так как одним из важных критериев при управлении электроприводом на низких скоростях является робастность, нечувствительность к отклонению параметров идентифицируемого объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазырин, А. С. Способы и алгоритмы эффективной оценки переменных состояния и параметров асинхронных двигателей регулируемых электроприводов : 05.09.03 : дис. ... д-ра техн. наук / А. С. Глазырин ; НИ ТПУ. - Томск, 2016. - 376 с. – Текст : непосредственный.
2. Калачев, Ю. Н. Наблюдатели состояния в векторном электроприводе / Ю. Н. Калачев. – Москва : 2017. - 61 с. – Текст : непосредственный.
3. Козлова, Л. Е. Исследование наблюдателей состояния для применения в управлении электроприводами / Л. Е. Козлова, Л. А. Паюк. – Текст : непосредственный // Научный вестник НГТУ. - 2016. - № 1. – С. 7-16.
4. Афанасьев, К. С. Разработка наблюдателя состояния для асинхронного электропривода с повышенной параметрической робастностью : 05.09.03 : дис. ... канд. техн. наук / К. С. Афанасьев. – Томск : НИ ТПУ, 2015. - 106 с. – Текст : непосредственный.
5. Козлова, Л. Е. Разработка нейросетевого наблюдателя угловой скорости ротора в электроприводе по схеме ТРН – АД : 05.09.03 : дис. ... канд. техн. наук / Л. Е. Козлова. – Томск : НИ ТПУ, 2015. - 144 с. – Текст : непосредственный.
6. Вдовин, В. В. Адаптивные алгоритмы оценивания координат бездатчиковых электроприводов переменного тока с расширенным диапазоном регулирования : 05.09.03 : дис. ... канд. техн. наук / В. В. Вдовин : НГТУ. - Новосибирск, 2014. - 244 с. – Текст : непосредственный.
7. Диаб, А. А. З. Векторное управление асинхронными электроприводами на основе прогнозирующих моделей : 05.09.03 : дис. ... канд. техн. наук / А. А. З. Диаб. – Новосибирск : НГТУ, 2014. - 195 с. – Текст : непосредственный.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Назиров Х. Б.¹, канд. техн. наук, ст. преподаватель
Камолов М. М.², докторант PhD, kamolov.m_93@mail.ru

¹г. Душанбе, филиал Московского энергетического института

²г. Душанбе, Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими

Аннотация: В статье представлено результаты экспериментальной измерения показателя качества электроэнергии (ПКЭ) в распределительной сети коммунально-бытового (КБ) назначения. Осуществляется сравнение результатов измерений согласно ГОСТ 32144-2013 и показаны причины ухудшения отдельных показателей.

Ключевые слова: измерения, частота, напряжения, электроприёмник.

Последнее время, много численное использование современных электроприёмников (ЭП) в быту оказывают значительное влияние на питающую сеть [1-4], так как эти ЭП имеют нелинейную ВАХ и являются источниками высших гармоник тока (ВГТ). Генерируемые ВГТ ЭП распространяясь по сети ухудшают КЭ. Несмотря на небольшую мощность современных ЭП возникает вопрос обеспечение КЭ в сети КБ назначения [3-8]. Для анализа ПКЭ в рассматриваемой сети проводился инструментальный замер с помощью средств измерения типа FLUKE 1735 производство США. Во время эксперимента были измерены следующие ПКЭ:

1. Отклонения частоты (Δf). Согласно [9] для Δf установлены следующие нормы: Δf в синхронизированных системах электроснабжения не должно превышать нормального допустимого значения ± 0.2 Гц в течение 95% времени и предельно допустимые значения ± 0.4 Гц в течение 100% времени интервала в одну неделю.

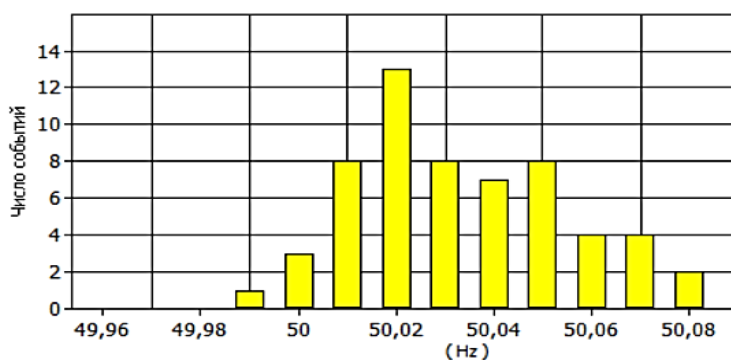


Рис. 1. Результаты измерения отклонений частоты

Положительное и отрицательное значения отклонения частоты в сети КБ сектора (см. рис.1) составляет +0,08 Гц и -0,01 Гц и находится в нормально допустимом значении. Не нарушает требование нормативных документов и не влияет отрицательным образом на режим работы электрической сети и ЭП в целом.

2. Медленное изменение напряжения (δU). $\delta U_{(+)}$ и $\delta U_{(-)}$ в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10% номинального или согласованного значения U в течение 100% времени интервала в одну неделю [9].

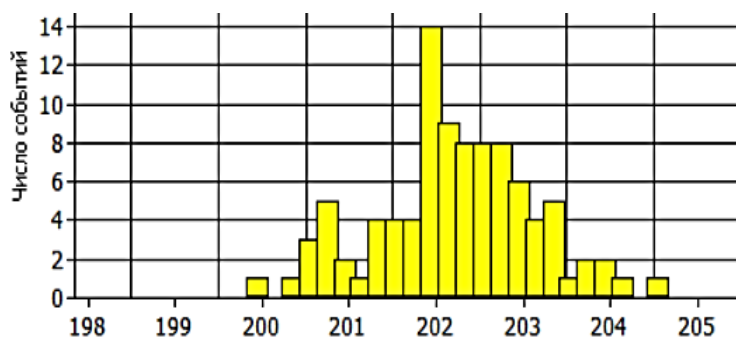


Рис. 2. Результаты измерения медленного изменения напряжения

По результату измерения видно, что напряжения пониженная (см. рис. 2), но не нарушает установленную требованием [9]. Интервал изменения δU составляет -9,1% до -7,05% от U_H . Пониженное напряжение объясняется тем, что положение ПБВ трансформатора которое либо стоит в режиме наибольшей нагрузки или вообще не регулируется [10,11].

3. Суммарный коэффициент гармонических составляющих (K_U и K_I): Для значения K_U в сетях напряжением 0,4кВ установлены нормы. Допустимое значения K_U усредненное в интервале времени 10 мин, не должен превышать $K_U = 8\%$ в течение 95% времени интервала в одну неделю и предельно допустимое значения $K_U = 12\%$ в течение 100% времени интервала в одну неделю [9].

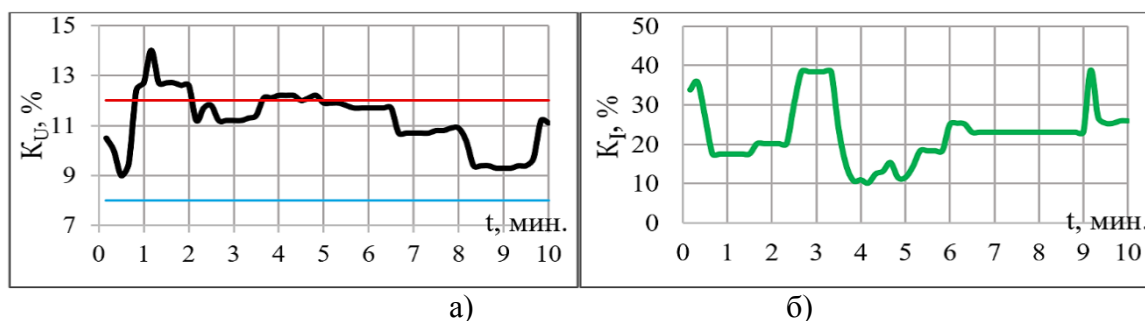


Рис. 3. Результаты измерения суммарного коэффициента гармонического составляющих: а) – напряжения, – предельно допустимое значение, – допустимое значение, б) – ток

Из результата рис.2 видно, что величина K_U изменяется в диапазоне от 14 до 9% [12]. Это означает, что значение K_U выходит из границы установленным нормам [9]. Значение K_I в стандартах не установлены, но, однако в сети КБ назначения величина K_I находится в диапазоне от 39% до 10%.

ВЫВОДЫ:

1. Произведено инструментальное измерение и анализ ПКЭ в электрических сетях КБ назначения.
2. Диапазон изменения отклонения частоты и медленного изменения напряжения в рассматриваемой сети не выходит из допустимых границ.
3. Определено уровень суммарных коэффициентов гармонических составляющих по напряжению и по току в сетях КБ назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gosbell, V. J. Power quality monitoring in Australia / V. J. Gosbell, P. K. Muttik. – Direct text// CIGRE Session 2002. - Paris, France. 2002. – P. 163 – 168.
2. Sekretarev Y. Optimal Control Mode of the Vakhsh Hydropower Reservoirs to Reduce Electricity Shortages in Tajikistan / Y. Sekretarev, Sh. Sul-tonov, V. Shalnev. – Direct text // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – P. 446-450.
3. Dipak Suresh B. Shunt Active Filter for Power Quality / B. Dipak Suresh, K. P. Varade, C. Veeresh. – Direct text// Improvement International Journal of Engi-neering Research and General Science. - 2015. – V. 3, I. 4.– P. 136-148.
4. Rusdy H. Investigation of power quality in health care facility / H. Rusdy, J. Liben. – Direct text // ICREPQ'10. – Granada, Spain, 2010. – P. 243-245.
5. Управление качеством электроэнергии / И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. – 346 с. – Текст : непосредственный.
6. Исмоилов, С. Т. Распределенное регулирование напряжения электрической сети / С. Т. Исмоилов. – Текст : непосредственный // Вестник Таджикского технического университета. - 2014. - № 1 (25). - С. 59-63.
7. Жуков, Л. А. Установившиеся режимы сложных электрических сетей и систем. Методы расчетов / Л. А. Жуков, И. П. Стратан. – Москва : Энергия, 1979. – 455 с. – Текст : непосредственный.
8. Алексеев, Б. А. Активные фильтры высших гармоник / Б. А. Алексеев. – Текст : непосредственный // Электро. – 2007. – № 3. – С. 28-32.
9. ГОСТ Р 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : национальный

стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. N 400-ст : введен впервые : дата введения 2014-07-01 / разработан ООО «ЛИНВИТ». – Москва : Стандартинформ, 2014. – IV, 20 с. ; 29 см. – Текст : непосредственный.

10. Экспериментальное исследование, анализ и оценка показателей качества электроэнергии в электрической сети 0,4кв образовательного учреждения / С. А. Абдулкеримов, Х. Б. Назиров, М. М. Камолов [и др.] – Текст : непосредственный // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - 2018. - Т. 1, № 3 (43). - С. 16-20.

11. Оценка результатов моделирования распределение высших гармоник тока в системе электроснабжения алюминиевого завода / А. С. Амирханов, М. М. Камолов, Х. Б. Назиров [и др.] – Текст : непосредственный // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - 2019. - № 2 (46). - С. 14-20.

12. Экспериментальная оценка качества электрической энергии современных коммунально - бытовых и офисных электроприемников / М. М. Камолов, Х. Б. Назиров, С. Т. Исмоилов [и др.] – Текст : непосредственный // Политехнический вестник. Серия : Инженерные исследования. - 2019. - № 2 (46). - С. 26-33.

УДК 621.3.082.4

СПОСОБ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ

Новокщенов С. А., магистр, инженер I категории, serega13tmn@mail.ru
г. Тюмень, АО «Тюменьэнерго» – «Тюменские распределительные сети»

Аннотация. Цель исследования заключается в разработке способа мониторинга технического состояния кабельной линии, который относится к информационно-измерительным системам и может быть использован в сфере электроэнергетики для автоматического анализа технического состояния кабельных линий, прогнозирования развития дефектов в их изоляции и выдаче сигнала на отключение кабельной линии в систему релейной защиты и автоматики в случае предаварийных ситуаций. Актуальность исследования связана с повышением надежности систем электроснабжения, где широко используются кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, особенностью которых является сравнительно короткий период времени развития дефектов в изоляции и муфтах: от нескольких месяцев до нескольких дней, то есть внутри периода диагностических испытаний. По результатам исследования и патентного поиска предложена функциональная схема способа мониторинга технического состояния кабельной линии.

Ключевые слова частичные разряды, распределенный волоконно-оптический датчик, электрическая изоляция, кабельная линия

Разработка нового способа в рамках проводимого исследования системы оптико-акустического мониторинга технического состояния кабельной линии связана с необходимостью решения поставленной технической задачи – автоматической локализации частичных разрядов в электрической изоляции кабельной линии в рабочем режиме виброакустическим методом.

Ранее было рассмотрено решение [1, 2], в котором описан оптико-акустический способ регистрации частичных разрядов, позволяющий проводить мониторинг непосредственно во время работы кабельной линии под нагрузкой при помощи встроенного в кабель, например, в экран кабеля, оптического волокна, которое уже широко применяется для контроля температурных режимов работы кабельных линий, и специальной оптической измерительной системы, позволяющей определить характеристики и место возникновения акустического сигнала, в данном случае вызванного частичным разрядом и соответствующей ему вибрацией электрической изоляции.

Недостаток данного способа заключается в том, что для его реализации требуется фильтрация при помощи вейвлет-анализа данных об акустическом воздействии на кабель частичных разрядов при помощи материнского вейвлета, описывающего частичный разряд в функции времени и только затем локализовать его по длине кабельной линии, но такой способ не позволяет применять известные распределенные волоконно-оптические системы регистрации виброакустических сигналов, например, [3, 4, 5], так как результатом их работы является рефлектограмма – затухающий профиль распределения мощности рассеянного излучения по длине оптиковолоконной линии, которые система регистрации преобразует в профиль распределения мощности виброакустического воздействия на оптиковолоконную линию по ее длине, например, методом сопоставления нескольких рефлектограмм [5]. Рефлектограмма не содержит информацию о мощности сигнала в виде функции от времени $S(t)$, которую необходимо фильтровать при помощи вейвлет-анализа в соответствии с [1].

Также известны более общие способы мониторинга состояния протяженных объектов, например, [4, 5]. Их недостаток заключается в том, что выделенные локальные изменения, указывающие на наличие факта воздействия на объект, во многих случаях не будут следствием воздействия частичных разрядов, а будут относиться к другим типам воздействия, в частности окружающего акустического и вибрационного шума. В результате локализация воздействия именно частичных разрядов невозможна, как и мониторинг технического состояния кабельной линии.

Предлагаемый способ мониторинга технического состояния кабельной линии поясняется функциональной схемой, приведенной на рис. 1.

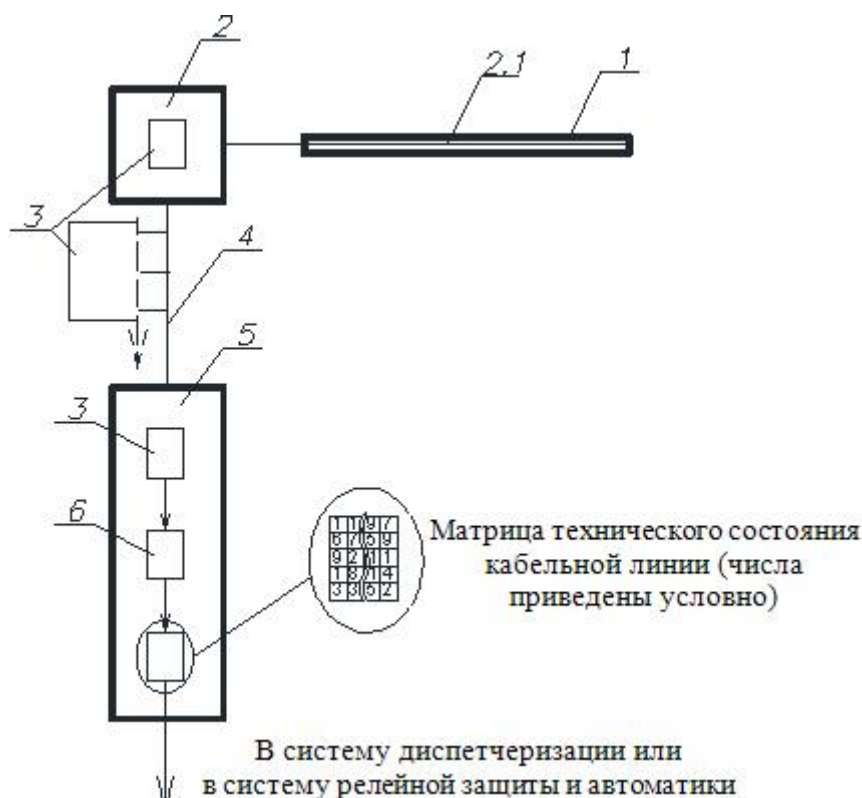


Рис. 1. Функциональная схема предложенного способа мониторинга технического состояния кабельной линии

Сущность способа заключается в следующем: с кабельной линией 1, находящейся под напряжением в рабочем режиме, в непосредственной механической связи установлена волоконно-оптическая линия 2.1, которая является частью распределенной волоконно-оптической системы регистрации виброакустических сигналов 2, проводящей измерение виброакустических воздействий на кабельную линию 1 в автоматическом режиме. Результатом каждого измерения распределенной волоконно-оптической системы регистрации виброакустических сигналов 2 является профиль 3 параметра, характеризующего мощность виброакустического воздействия на волоконно-оптическую линию 2.1 по ее длине. Данный профиль 3 по каналу связи 4 автоматически передается в вычислительное устройство 5, где сопоставляется с материнским вейвлетом частичного разряда, а затем восстанавливается в профиль 6 параметра, характеризующего мощность виброакустического воздействия на волоконно-оптическую линию 2.1 по ее длине, очищенный от шума, в котором локализуются участки виброакустического воздействия частичных разрядов в электрической изоляции кабельной линии 1 на волоконно-оптическую линию 2.1. Для каждого локализованного частичного разряда по длине кабельной линии 1 вычислительное устройство 5 формирует вектор характеристик частичного разряда, включающий параметр, определяющий мощность виброакустического воздействия, и параметр, определяющий время развития дефекта. Затем

вычислительное устройство 5 совокупность векторов характеристик всех частичных разрядов, локализованных в кабельной линии 1 при каждом измерении, объединяет в матрицу технического состояния кабельной линии, сохраняет в своей памяти и передает в систему диспетчеризации или релейной защиты и автоматики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новокшенов, С. А. Математическая модель системы оптико-акустического мониторинга технического состояния высоковольтной кабельной линии. – Текст : непосредственный // Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень, 2017. – Т. V. – С. 246-249.

2. Новокшенов С. А. Способ мониторинга технического состояния высоковольтной кабельной линии / С. А. Новокшенов, Е. М. Костоломов, Д. Н. Паутов. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень, 2016. – Т. II. – С. 372-375.

3. Пат. 2485454 Российская Федерация, МПК G01H 9/00 G01D 5/353. Распределенная волоконно-оптическая система регистрации виброакустических сигналов : № 2011125945/28 : заявл. 24.06.2011 : опубл. 20.06.13 / Беловолов М. И., Дианов Е. М., Заренбин А. В., Туртаев С. Н. ; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Инновационное предприятие «НЦВО-ФОТОНИКА» (ООО ИП «НЦВО-Фотоника»). – Текст : непосредственный.

4. Пат. 2568417 Российская Федерация, МПК G01D 5/353. Способ контроля поля вибраций и устройство для его осуществления : № 2014131631/28 : заявл. 31.07.2014 : опубл. 20.11.2015 / Алексеев А. Э., Горшков Б. Г., Заирный Д. В., Заирный М. В. ; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ПетроФайбер». – Текст : непосредственный.

5. Пат. 2287131 Российская Федерация, МПК G01D 5/353. Способ мониторинга состояния протяженных объектов, преимущественно продуктопроводов, и устройство для его осуществления : № 2005127796/28 : заявл. 06.09.2005 : опубл. 10.11.2006 / Горшков Б. Г., Заирный Д. В., Заирный М. В., Кулаков А. Т. ; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ПетроЛайт». – Текст : непосредственный.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Павленко И. А., магистрант, pavlenkoi1@mail.ru

Бабаевский А. Н., канд. техн. наук, доцент, sk31.an@gmail.com

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

Аннотация. В статье рассматривается анализ современных методов улучшения качества электрической энергии – компенсация реактивной мощности. Приведена общая характеристика управляемых устройств по технологии гибкого регулирования передачи электроэнергии переменного тока (FACTS), а именно статических тиристорных компенсаторов и статических синхронных компенсаторов реактивной мощности. Также рассмотрен принцип действия, назначение и применение их в сети переменного тока.

Ключевые слова: реактивная мощность, технология FACTS

Для улучшения качества электроэнергии и снижения затрат на использование реактивной мощности применяются новые современные инновационные технологии. Все аппараты, устройства, которые создаются для компенсации реактивной мощности делятся на динамические и статические. Такие статические устройства, как конденсаторные батареи, одиночные конденсаторы, фильтры гармоник заменяются на динамические устройства управляемые и регулируемые в автоматическом режиме – технология FACTS. Термин FACTS (Flexible AC Transmission System) переводится, как система гибкого регулирования передачи электроэнергии переменного тока. Приборы на основе быстродействующих тиристорных преобразователей, по технологии FACTS, активно применяются в электроэнергетических системах, как в качестве компенсирующих устройств реактивной мощности, так и при эксплуатации линий электропередач, с целью увеличения пропускной способности последних. В данной статье представлены некоторые методы, демонстрирующие потенциальное использование динамической компенсации реактивной мощности через статические тиристорные компенсаторы и статические синхронные компенсаторы, используемые в системе переменного тока.

В настоящее время статические компенсаторы и статические синхронные компенсаторы являются наиболее эффективными устройствами для контроля уровня реактивной мощности в промышленной сети. Целью компенсации реактивной мощности является повышение коэффициента мощности системы, регулирование напряжения и снижения спектра высших гармоник, образующих при использовании нелинейной нагрузке. Компенсация реактивной мощности является одним из наиболее эффек-

тивных способов снижения потребляемой электрической энергии и улучшения качества электроэнергии [1].

Примеры того, как компенсация реактивной мощности может улучшить технико-экономические показатели промышленной электрической сети, приведены ниже:

- Снижение потерь в сети;
- Избегание штрафов за чрезмерное потребление реактивной мощности;
- Увеличение пропускной способности системы;
- Увеличение надежности высоковольтного оборудования;
- Улучшение регулирования напряжения в сети.

В работе [2] указывается, что инновационные технологии FACTS делятся на два поколения. К первому поколению относятся такие устройства, как статические компенсаторы реактивной мощности на основе тиристорного управления. Они поддерживают необходимый уровень коэффициента мощности и регулируют напряжение сети, путем ввода и управления реактивной мощностью в узле своего подсоединения. На Рис. 1 представлена принципиальная схема управления реактивной мощностью посредством статического тиристорного компенсатора. Компенсаторы за счет тиристорного управления обладают высокой надежностью и широким диапазоном работы [3].

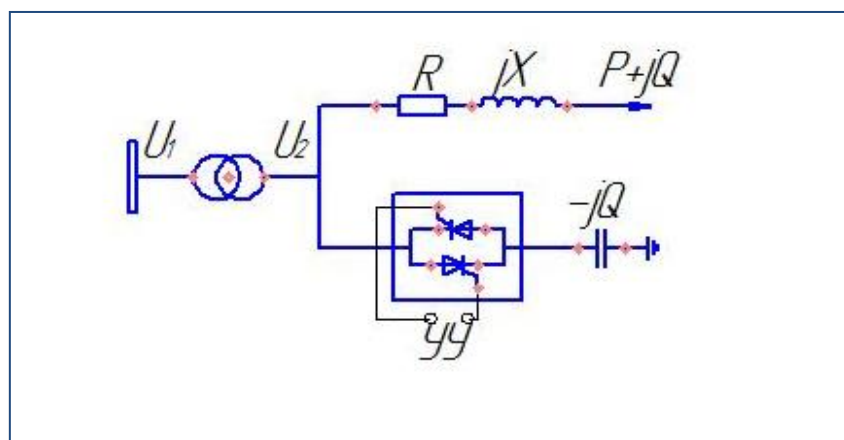


Рис.1. Принципиальная схема компенсации реактивной мощности с помощью статического компенсатора на основе тиристорного управления.

Ко второму поколению FACTS-2, которое считается более новым, относятся такие устройства, которые работают на полностью управляемых полупроводниковых преобразователях. К таким устройствам принадлежат синхронные статические компенсаторы. Статический синхронный компенсатор представляет собой устройство на основе статического преобразователя, который работает в качестве компенсатора реактивной мощности. Его принцип работы основан на изменении напряжения вентильной об-

мотки. Статический синхронный компенсатор способен работать в режимах инвертирования или выпрямления, в зависимости от разницы напряжения сетевой и вентильной обмоток, при этом генерируя или потребляя реактивную мощность, что исключает необходимость установки мощных накопительных элементов. Если напряжение сетевой обмотки больше напряжения вентильной обмотки, то компенсатор потребляет из сети реактивную мощность, если меньше – выдает. Статический синхронный компенсатор применяется для симметрирования нагрузки, при потреблении активной мощности из одной фазы сети и выдачи ее в другую [4].

Все устройства FACTS разделяются на статические и электромашинные системы. К статическим устройствам относятся различные управляемые реакторы, работающие по принципу магнитного усилителя или тиристорного управления, а также статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности. Электромашинные устройства представляют собой совокупность электрической машины и преобразователей, которые обеспечивают регулирование напряжения с помощью специальной схемы управления. К ним относятся такие устройства как асинхронизированные синхронные компенсаторы, фазовращающие трансформаторы, асинхронизированные электромашинные преобразователи частоты [5].

Первостепенная задача технологии FACTS заключается в улучшении качества электрической энергии, путем управлением потоками мощности в сети. Такая возможность возникает благодаря способности исполнительных устройств технологии FACTS управлять взаимосвязанными параметрами. Применение данных технологий позволит полностью снизить потребность в осуществлении экстренных мер по обеспечению устойчивости энергосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. - Москва : ЭНАС, 2009. - 456 с. – Текст : непосредственный.
2. Солонина, Н. Н. Новые технологии компенсации реактивной мощности / Н. Н. Солонина, К. В. Суслов, З. В. Солонина. – Текст : непосредственный // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2016. - № 5(112). - С. 135-242.
3. Кочкин, В. И. Применение гибких (управляемых) систем электропередачи переменного тока в энергосистемах / В. И. Кочкин, Ю. Г. Шакарян. – Москва : ТОРУС ПРЕСС, 2011. - 312 с. – Текст : непосредственный.
4. Ивакин, В. Н. Внешние характеристики устройств гибких передач переменного тока и их влияние на характеристики мощности управляемых линий электропередачи переменного тока / В. Н. Ивакин. – Текст : непосредственный // Электротехника. - 2005. - № 12. - С. 10-19.

5. Стандарт Организации ОАО «ФСК ЕЭС». Методика оценки технико-экономической эффективности применения устройств FACTS в ЕНЭС России : СТО 56947007-29.240.019-2019 : утвержден и введен в действие распоряжением ОАО «ФСК ЕЭС» от 22.01.2019 № 22р. – Москва : Проект, 2009. – 37 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.315.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА ДЛЯ ВЫБОРА СЕЧЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Петров С. В., магистрант, psvtmn2@gmail.com.
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В настоящее время повышение энергетической эффективности в российской и международной экономической политики является одним из приоритетных направлений. В связи с увеличением стоимостных показателей при передаче электроэнергии энергосбережение является стратегической задачей для поддержания технического состояния электросетей на современном высоком уровне. Из года в год требования к линиям электропередачи и кабельным линиям возрастают в плане надежности, а также увеличения пропускной способности линий электропередачи и снижения потерь электроэнергии. Сечение проводов линии электропередачи является важнейшим параметром. С увеличением сечения возрастают затраты на строительство линии, но в тоже время снижаются эксплуатационные расходы и уменьшаются потери электроэнергии.

Ключевые слова: экономическая плотность тока, сечение проводов, критерий минимума дисконтированных затрат, инфляция, провода нового поколения.

В ходе проведенного анализа результатов исследований различных авторов экономическая плотность тока отличается от значений, приведенных в ПУЭ в меньшую сторону. В действующей методике по выбору сечений воздушных и кабельных линий по ЭПТ отсутствуют необходимые рекомендации по определению расчетной нагрузки, по которой следует определять расчетные значения.

В основе современной методики технико-экономического обоснования лежит дисконтированный поток денежной наличности. То есть результирующий показатель экономических последствий. Не только отток средств, но и их приток от предложенных технических решений влияет на сечение проводника. При принятии инженерных решений необходимо учитывать технологические, организационные, социальные и экономические факторы. Экономические показатели выступают как оценочный критерий, который показывает приемлемость инженерного решения.

При определении экономически выгодного сечения, и экономической плотности тока, следует учитывать стоимость при покупке и эксплуатации кабелей за расчётный период службы, а также инфляционный рост цен. Учет инфляции объективно способствует экономическому обоснованному увеличению сечения, что приведет к снижению потерь электроэнергии в линии электропередачи и, соответственно, ее стоимости.

Важно отметить, что эти два аспекта – дисконтирование и инфляция имеют разнонаправленное влияние на конечный результат: дисконтирование снижает влияние стоимости будущих потерь электроэнергии; инфляция увеличивает стоимость будущих потерь электроэнергии. Одним из важных факторов при определении сечения проводников является прогнозирование изменения электрических нагрузок. Поэтому необходимо учитывать допустимый ток при выборе сечения кабеля (провода). На сегодняшний день определены новые значения ЭПТ для выбора сечений проводов и кабелей с напряжением 110 кВ и 220 кВ [1], а также значения экономической плотности тока для оптимального выбора сечений проводов и жил кабелей нефтегазовых потребителей напряжением 0,66 кВ, 1 кВ и 6 кВ [2]. Значения ЭПТ для выбора воздушных и кабельных линий напряжением 6 – 10 кВ, 20 и 35 кВ отсутствуют. Ввиду отсутствия ЭПТ возникает необходимость в расчете оптимальных значений для распределительных сетей напряжением 6 – 35 кВ.

Проведя анализ зарубежного и отечественного передового опыта, выявлено что при строительстве новых и реновации действующих воздушных линий электропередачи возможно применение проводов нового поколения, которые обладают улучшенными механическими и электрическими характеристиками по сравнению с проводами традиционной конструкции. При внедрении и использовании проводов нового поколения в России пришлось столкнуться с устаревшей нормативно-технической базой и отсутствием современных инструментов для проектирования воздушных линий электропередачи. Если рассматривать ПНП в нефтегазовой отрасли, то необходимо экономическое обоснование применения таких проводов, так как на сегодняшний день стоимость остается достаточно высокой и не всегда целесообразно применение таких проводов.

При определении экономически выгодного сечения проводника применялась методика дисконтированных затрат, в которой были учтены капитальные затраты на сооружение линии электропередачи, издержки на обслуживание и ремонт объекта, издержки на возмещение потерь. В научно-исследовательской работе был произведен расчет значений экономической плотности тока, результаты представлены в таблице 1 при современных стоимостях линий электропередачи и цене электрической энергии для сравнения с нормативными показателями экономической плотности тока, представленными в ПУЭ.

Значения экономической плотности тока

Проводники	Экономическая плотность тока, при числе часов использования максимума нагрузки в год			
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000	
Неизолированные провода и шины напряжением 10 – 35 кВ				
Алюминиевые	ПУЭ	1,3	1,1	1,0
	расчет	0,762	0,402	0,273
Медные	ПУЭ	2,5	2,1	1,8
	расчет	1,194	0,631	0,429
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией				
Алюминиевые	ПУЭ	1,9	1,7	1,6
Медные	ПУЭ	3,5	3,1	2,7
Кабели с изоляцией из СПЭ 10 кВ				
Алюминиевые	расчет	2,015	1,065	0,723
Медные	расчет	4,359	2,303	1,565
Самонесущие изолированные провода (СИП) 10-35 кВ				
Алюминиевые	расчет	1,077	0,569	0,387
Провода нового поколения (ПНП)				
Алюминиево-циркониевый сплав	расчет	1,745	0,922	0,627

Если сравнить результаты, полученные при расчетах для неизолированных алюминиевых и медных проводов при $T_m = 3000 \dots 5000$ часов составляет для алюминиевых проводов $j_{эк} = 0,762$, для медных проводов $j_{эк} = 1,194$ из этого можно сделать вывод, что в условиях современного рынка величина экономической плотности тока существенно отличается от нормированной величины, представленной в ПУЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуев, Э. Н. Экономическая плотность тока в кабельных линиях 6-10 кВ в современных условиях / Э. Н. Зуев. – Текст : непосредственный // Электро. – 2004. - № 5. – С. 43-46.
2. Фрайштетер, В. П. Выбор экономически обоснованного сечения проводов и жил кабелей линий электропередачи при проектировании / В. П. Фрайштетер. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2011. - № 4. - С. 117-121.
3. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие для вузов / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - Москва : Кнорус, 2014. – 642 с. – Текст : непосредственный.
4. Федоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий : учеб. пособие для вузов / А. А. Федоров. – Москва : Энергия, 1984. – 472 с. – Текст : непосредственный.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Петухова Н. Н., аспирант, petyxovanatalya@mail.ru
г.Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Для повышения эффективности режимов электротехнических комплексов и систем применяют различные методы оптимизации. В данной статье рассматривается многокритериальная задача оптимизации электропотребления, условия оптимальности.

Ключевые слова: оптимизация электропотребления, модифицированный генетический алгоритм

Как в России, так и за рубежом, большое внимание уделяется задачам суточной оптимизации режимов производства. При решении данных задач оптимальности, учитывается несколько критериев. В электроэнергетике в зависимости от поставленной задачи, могут приниматься такие критерии оптимальности как критерий надежности электроснабжения, качества электроэнергии, минимум затрат на электроэнергию, минимум потерь в электрической сети и т.д.

Многокритериальной задачей оптимизации электропотребления считается минимизация затрат на покупку электроэнергии. Критерием оптимальности служит величина снижаемой нагрузки, регламентируемая суточным планом выпуска продукции, минимум потерь мощности. [3]

Математическое описание оптимизационной задачи, т.е. математической модели, включает в себя: целевую функцию, ограничения и граничные условия.

Обобщенная запись целевой функции минимума затрат на электроэнергию примет вид:

$$Z = C_{эл} W_{ном} + C_{уст} P_{уст} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $C_{уст}$ - удельная стоимость 1кВт суточного максимума нагрузки; $W_{ном}$ - количество потребляемой электроэнергии на некотором интервале времени; $C_{эл}$ - удельная стоимость 1 кВт ч электроэнергии на интервале времени; $P_{уст}$ - максимум нагрузки у потребителя.

Для расчета оптимального режима применим условную оптимизацию с ограничениями [2]:

$$0 \leq P_{r_m} \leq P_{r_m \max} \quad (2)$$

$$t_{r_m} \leq t_{r_m \max} \quad (3)$$

Неравенства (2) отражают ограничения на предельно допустимое время и предельную суммарную мощность, регулируемых потребителей.

Нелинейными ограничениями является система узловых уравнений с учетом источников реактивной мощности [1]:

$$\begin{cases} Y_{11}U_1 + Y_{12}U_2 + \dots + Y_{1N}U_N + \left[\frac{P_{1N}}{U_{1N}} \right] - \left[\frac{jQ_{1N}}{U_{1N}} \right] \leq 0 \\ Y_{21}U_1 + Y_{22}U_2 + \dots + Y_{2N}U_N + \left[\frac{P_{2N}}{U_{2N}} \right] - \left[\frac{jQ_{2N}}{U_{2N}} \right] \leq 0 \\ \dots \\ Y_{N1}U_1 + Y_{N2}U_2 + \dots + Y_{NN}U_N + \left[\frac{P_{NN}}{U_{NN}} \right] - \left[\frac{jQ_{NN}}{U_{NN}} \right] \leq 0 \end{cases}$$

Для решения оптимизационных задач используются методы математического программирования, к которым относятся линейное и нелинейное программирование, дискретное (целочисленное) программирование, стохастическое программирование, теория игр.

Согласно, проведенному анализу существующих методов оптимизации, применяемых в электроэнергетике, для решения поставленной задачи был выбран модифицированный генетический алгоритм. Данный эвристический метод позволяет в силу своей простоты, легко программировать и эффективно производить вычисления, учитывать технические ограничения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиршин, С. С. Методы расчета и оптимизации электроэнергетических систем : конспект лекций / С. С. Гиршин, Л. В. Владимиров. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010. – 48 с. – Текст : непосредственный.
2. Ершов, М. С. Теоретические основы управления электропотреблением промышленных предприятий : учеб. пособие для вузов / М. С. Ершов, В. И. Доброжанов, Б. Г. Меньшов. – Москва : Нефть и газ, 1995. – 263 с. – Текст : непосредственный.
3. Варганова, А. В. О методах оптимизации режимов работы электроэнергетических систем и сетей / А. В. Варганова. – Текст : непосредственный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». - 2017. – Т. 17, № 3. - С. 76-85.

К ВОПРОСУ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО ТОКА

Попов Е. И., бакалавр, popovei72@mail.ru

Орлов В. С., ст. преподаватель, orlov.vs@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрены основные причины сокращения ресурса аккумуляторных батарей, входящих в состав систем оперативного тока, изучены особенности их применения на объектах электроэнергетики.

Ключевые слова. Система оперативного постоянного тока, аккумулятор, ресурс, надежность.

Эксплуатация аккумуляторов в системах оперативного постоянного тока связана с определенными физико-химическими процессами, возникающими в батарее и вызывающими значительное сокращение ее ресурса. К таким процессам можно отнести сульфатация пластин, металлизацию сепараторов, заводнение и выкипание электролита [1].

Помимо этого, ресурс аккумуляторов сильно зависит от режимов заряда-разряда, так как сульфатация электродов протекает в течение короткого времени простоя аккумулятора в разряженном состоянии, следовательно, устройство нуждается в постоянном подзаряде [2]. Однако ресурс аккумуляторов также зависит от числа циклов заряда-разряда и температуры внутри аккумуляторного помещения [3]. Графики зависимости ресурса от циклов (при различной глубине разряда – D.O.D., %) и разрядной емкости от температуры окружающей среды при эталонной $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ представлены на рисунках 1 и 2 соответственно. В связи с этим необходим постоянный контроль режимов разряда, а также температуры помещения, что может обеспечиваться либо шкафами с электроподогревом, либо обогревом помещения аккумуляторной в условиях климата с низкими зимними температурами [4].

Номинальная емкость аккумуляторов приводится для номинальной продолжительности разряда в 10 часов [5]. Однако для СОПТ станций и подстанций характерны гораздо меньшие периоды разряда. Это влечет за собой увеличение интенсивности разряда батарей и соответственно большие потери энергии, выражающиеся в уменьшении напряжения на аккумуляторе [6]. Тем не менее в настоящее время предприятия отказываются от глубоких режимов заряда/разряда, предпочитая режимы постоянной подзарядки [7]. Однако несмотря на то, что относительный ресурс увеличивается со снижением глубины разряда, число циклов таким образом рас-

тет. Из всего этого следует, что срок службы свинцово-кислотных аккумуляторных батарей уменьшается.

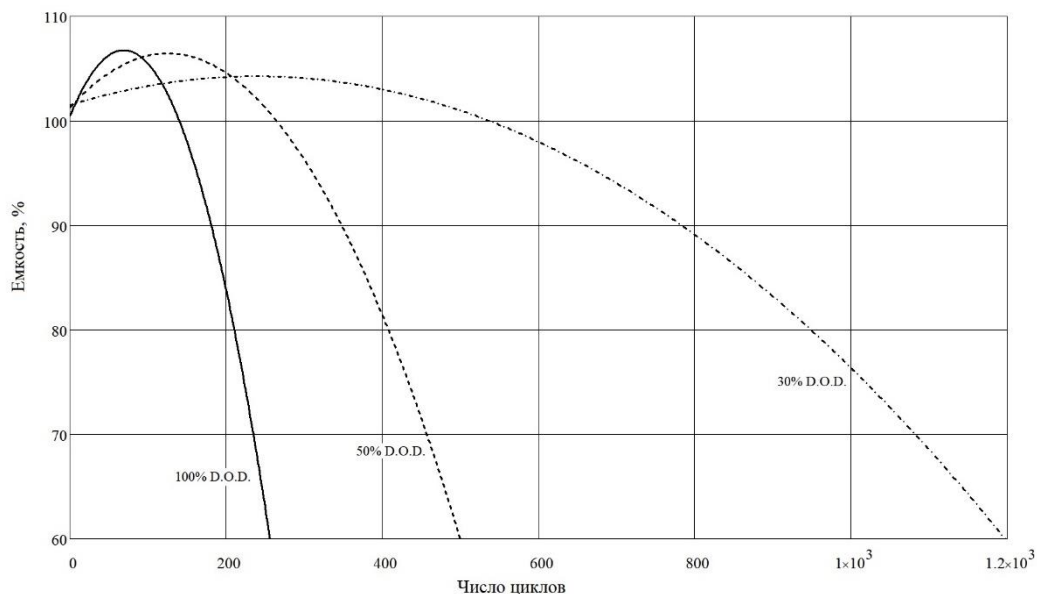


Рис. 1. Емкость аккумулятора в зависимости от числа циклов

Согласно классификации ассоциации EUROBAT, объединяющей ведущих производителей аккумуляторов, подразумеваются четыре категории по расчетному сроку службы. Так, для наиболее низкого класса Standart Commercial (стандартные коммерческие) срок службы составляет 3-5 лет, в то время как наибольшим сроком службы в 12 лет и выше обладает класс Long Life (длительный срок службы).

В источниках бесперебойного питания общего назначения применяются стандартные коммерческие аккумуляторы [3]. Таким образом, аккумуляторы даже Long Life класса в полной мере не соответствуют техническому стандарту ПАО «ФСК ЕЭС» [8]. При этом все выше описанные факторы так или иначе снижают и без того невысокий срок службы свинцово-кислотных батарей. Именно поэтому необходимы меры повышения надежности, связанные с балансировкой батарей, оптимизацией их зарядного режима, цепей разряда, резервирования на случай отказа [9].

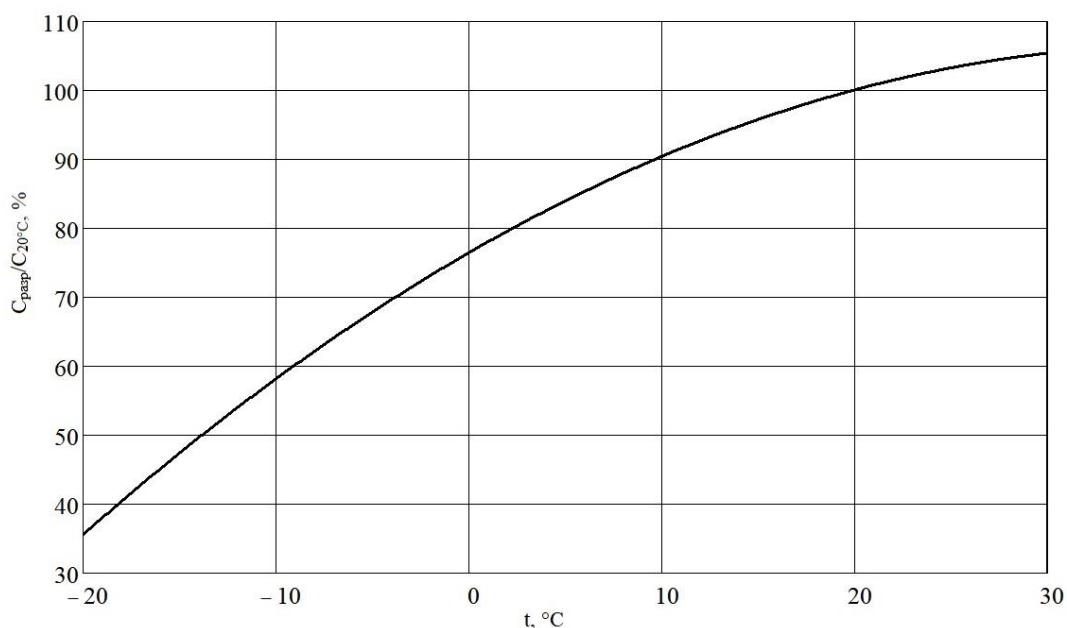


Рис. 2. Зависимость емкости аккумулятора от температуры

Изучение характеристик оборудования, предлагаемого производителями (Описанного в документе «Оборудование, материалы и системы, допущенные к применению на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» [10]) не выявило готовых решений для источников оперативного тока, реализуемых на основе свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Это подтверждает актуальность проблемы и необходимость разработки новых схемотехнических решений, обеспечивающих повышение надежности источников оперативного тока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болезни аккумуляторов. – Текст : электронный // Пульсар Лимитед : [сайт]. – URL : https://pulsar.kiev.ua/bolezni_akkumulyatorov (дата обращения: 12.11.2019).
2. Каменев, Ю. Б. Потенциодинамическое исследование процесса сульфатации отрицательных активных масс свинцово-кислотного аккумулятора / Ю. Б. Каменев, Н. И. Чунц, С. Р. Балущкина. – Текст : непосредственный // Электрохимическая энергетика. – 2010. – Т. 10, № 2. – С. 71-78.
3. Аккумуляторные батареи для ИБП. Оборудование для бесперебойного электропитания. – Текст : электронный // Парус электро : [сайт]. – URL : <https://parus-electro.ru/podderzhka/baza-znaniy/akkumuljatornye-batarei-dlja-ibp.html> (дата обращения: 19.09.2019).
4. Шурбин, С. А. Особенности эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторов / С. А. Шурбин, О. С. Скряцкая. – Текст : непосредственный // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 9. – С. 45-58.

5. Выбор стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей для систем оперативного постоянного тока / Ю. П. Гусев, В. К. Монаков, Ю. В. Монаков, Г. Ч. Чо. – Текст : непосредственный // Энергоэксперт. – 2015. – № 3. – С. 48-52.

6. Стартерные аккумуляторные батареи. Устройство и ремонт / М. А. Дасоян, Н. И. Курзунов, О. С. Тютрюмов, В. М. Ягнятинский. – Москва : Транспорт, 1991. – 255 с. – Текст : непосредственный.

7. Филатов, А. А. Обслуживание электрических подстанций оперативным персоналом / А. А. Филатов. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 324 с. – Текст : непосредственный.

8. Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования : СТО 56947007-29.120.40.041-2010 : утв. Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 29.03.10 : ввод в действие с 29.03.10. – ОАО «ФСК ЕЭС», 2010. – 20 с. – Текст : непосредственный.

9. Орлов, В. С. Оптимизация источников бесперебойного питания / В. С. Орлов, Е. И. Попов. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы нац. науч.-практ. конф.– Тюмень, 2018. – С. 337-330. – Текст : непосредственный.

10. Оборудование, материалы и системы, допущенные к применению на объектах ПАО «ФСК ЕЭС». – Текст : электронный // ПАО «ФСК ЕЭС» : [сайт]. – URL : https://www.fsk-ees.ru/about/certification_of_equipment/equipment_technologies_and_materials_approved_for_use_on_oao_quot_ues_fg_quot/ (дата обращения: 14.11.2019).

УДК 621.3

СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ И ВЕЛИКОБРИТАНИИ

Романов И. А., бакалавр, ivan.romanov.1378@gmail.com

Таштимиров Т. Р., бакалавр, tashtimirovt@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Данная статья посвящена тенденциям развития мировой электроэнергетики на примере Великобритании и России. Мы проводим сравнительно - сопоставительный анализ способов получения электроэнергии в Великобритании и России. В результате реферативного исследования мы выявили некоторые преимущества Великобритании в данной области. Статья носит рекомендательный характер для адаптации зарубежного опыта в России.

Ключевые слова: энергия, производство, потребление, способы получения, сравнительно-сопоставительный анализ

При работе с текстами на занятиях по английскому языку необходимы элементарные знания специальных дисциплин, то есть применения контекстного подхода [1], поэтому целью нашей работы стал ознакомительный сопоставительный анализ электроэнергетики России и страны изучаемого языка - Англии.

Потребление, как и производство, электроэнергии растет с каждым годом, причем производство лишь немногим больше потребления. Это обусловлено тем, что электроэнергию не целесообразно запасать в больших объемах. Рост показателей обусловлен техническим прогрессом, наращиванием производственной мощности. В России, как и в любой другой точке мира, свое влияние имеют так же и климатические факторы.

Большинство электроэнергии в России производится на ТЭС. Основное топливо на ТЭС - природный газ, уголь (каменный и бурый), нефть и ее продукты и так далее. Технология генерации электроэнергии при утилизации попутного нефтяного газа рассмотрена в ряде авторских работ [2]. Стоит отметить, что ТЭС обеспечивают население не только электроэнергией, но и теплом. Тепло, выделяемое на ТЭС идет на отопление домов и предприятий, что снижает потребность в постройке дополнительных установок для производства тепла.

В основном в России в качестве топлива используется природный газ, однако в зависимости от географического положения ситуация несколько меняется.

ТЭС — это не единственный способ получения электроэнергии в России [3]. Электроэнергия вырабатывается на АЭС общей мощностью 30 ГВт (в качестве топлива используется уран), около 200 ГЭС общей мощностью 45 ГВт и ВИЭ, однако доля вырабатываемой электроэнергии мала (124 станции общей мощностью примерно 3 ГВт).

Потребление и производство электроэнергии Великобритании падает с каждым годом, начиная с 2007 года. Разница между производством и потреблением, как и в России, очень мала, и обусловлена тем же, что и в России.

Начиная с 2005 года производство и потребление электроэнергии в Великобритании снижается. Это обусловлено несколькими факторами: регулирование энергоэффективности продукции, энергоэффективное освещение, экологически сознательных потребителей и экономическую реструктуризацию. Путем замены старых приборов возможно еще больше сократить потребление электроэнергии.

В Великобритании впервые возобновляемая энергетика сгенерировала больше, чем электростанции на ископаемом топливе. Количество

станций, работающих на неисчерпаемом топливе в Великобритании составляет 404, а на исчерпаемом топливе – 320.

Основная часть электроэнергии производится на тепловых, атомных, ветряных и гидроэлектростанциях [4]. Причем ТЭС по количеству больше чем станций остальных типов. Основным топливом является газ, гораздо реже – нефть, уголь практически не используется, по причине высокого выброса парниковых газов и твердых токсичных частиц

Рассмотрим каждый вид топлива отдельно:

1. Природный газ. Газ имеет довольно большой КПД при сгорании (почти 98-99%), что безусловно является огромным плюсом его использования. Так же, сжигание газа требует меньшей подготовки ТЭС для начала работы с ним.

2. Уголь. Уголь имеет низкую калорийность, требует определенных условий от ТЭС, а также имеет множество вредных продуктов горения. Немаловажным фактом является то, что технологии в данной области не развиваются, поэтому его доля в энергетике России снижается.

3. Уран. Уран используется на всех АЭС. Это обусловлено не только его запасами на территории страны, но и невозможностью использовать другие виды радиоактивного топлива.

4. Другие энергоресурсы. Данные энергоресурсы используются в основном в небольших количествах и на отдельных электростанциях. Их использование в основном обусловлено или внедрением новых технологий (станции ВИЭ), или невозможностью использовать другой вид топлива.

Сравнивая две электроэнергетические системы двух стран, России и Великобритании в частности, можно выделить главные отличия:

1. Количество потребляемой и вырабатываемой электроэнергии в Великобритании уменьшается, в то время как в России оно увеличивается. Это обусловлено внедрением новых энергосберегающих технологий, позволяющих вырабатывать меньше электроэнергии.

2. Доля электростанций, работающих на возобновляемом топливе во Великобритании гораздо выше, чем в России. Использование электростанций такого типа позволяет сократить использование топлива, загрязняющего окружающую среду.

Исходя из опыта Великобритании можно понять, что России стоит обратить свое внимание на внедрение новых энергосберегающих технологий и новых видов электростанций, работающих на неисчерпаемом и чистом топливе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Isakova, A. The concepts of formation of ecological education / A. Isakova. – Direct text // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. - 2017. - Т. 17. - № 5.4. - Pp. 211-218.

2. Колесов В. И. К задаче управления качеством электроэнергии, создаваемой при утилизации попутного газа / В. И. Колесов, В. Г. Логачев, А. Л. Портнягин, В. Е. Костин. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии : материалы Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов. – Тюмень, 2015. - С. 128-134.

3. Артемов В. Н. Сравнительный анализ эффективности теплоэнергетики России и стран мира / В. Н. Артемов, А. В. Клименко, В. В. Клименко, А. Г. Терешин. – Текст : непосредственный // Вестник Московского энергетического института. - 2013. - № 1. - С. 9-15.

4. Поспелов, В. К. Реформа электроэнергетики Великобритании / В. К. Поспелов – Текст : электронный // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 4. – URL : <http://science-education.ru/ru/?id=14094> (дата обращения: 12.11.2019).

Научный руководитель: Исакова А.А., канд. фил. наук, доцент

УДК 621.3.051

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДАЛЬНИХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Рысев П. В., канд. техн. наук, доцент кафедры Радиоэлектроники и электроэнергетики, rysev_pavel@list.ru

Асуева Х. Л., магистрант, asueva.hava@gmail.com

г. Сургут, Сургутский государственный университет

Аннотация. В контексте повышения надёжности и устойчивости работы энергообъединений особенно актуален вопрос повышения пропускной способности. На основе анализа особенностей линий электропередачи с распределенными параметрами рассмотрены различные способы увеличения предела передаваемой мощности. Наиболее перспективным является установка устройств FACTS.

Ключевые слова: пропускная способность, дальние электропередачи, FACTS.

В процессе развития электроэнергетики периодически возникает проблема недостаточной пропускной способности линий электропередачи.

Под пропускной способностью линии понимается максимальная мощность, передаваемая по линии без ограничений длительности режима передачи с учетом ограничений по плотности тока в проводах, колебанию напряжения и устойчивости режима. [1]

Рассмотрим основные способы повышения пропускной способности длинных линий.

Значительная протяженность таких линий обуславливает переход в расчетах от сосредоточенных моделей к моделям с распределенными параметрами, становится необходимым учитывать волновой характер передачи электрической энергии. Так уравнение дальних электропередач (ДЭП) для идеальной линии имеет следующий вид:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 \cos \lambda + j \dot{I}_2 Z_c \sin \lambda; \quad (1a)$$

$$\dot{I}_1 = j \dot{U}_2 \frac{1}{Z_c} \sin \lambda + \dot{I}_2 \cos \lambda. \quad (16)$$

где $\lambda = \sqrt{x_0 b_0}$ – волновая длина линии, Z_c – волновое сопротивление [2].

Предельная мощность передачи выражается следующей формулой:

$$P_{пред} = \frac{U_1 U_2}{Z_c \sin \lambda}. \quad (2)$$

Для обеспечения статической устойчивости в нормальном режиме нормами предусмотрен 20%-ый запас по отношению к предельной мощности

сти $P_{\max} = \frac{P_{пред}}{1,2} = 0,83 P_{пред}$. Для послеаварийного режима запас мощности

снижается до 8% [1].

Изучая вопрос повышения пропускной способности линии следует обратить внимание на особенности ДЭП с длиной в четверть и половину волны. Одна из важнейших особенностей таких линий вытекает из формулы 2: среди всех прочих передач, четвертьволновая передача имеет мини-

мальную пропускную способность $P_{пред} = \frac{U_1 U_2}{Z_c}$, а полуволновая теоретиче-

ски бесконечную $P_{пред} = \infty$.

Такие привлекательные особенности полуволновых передач привели к идее создания настроенных электропередач. Настройка передачи может осуществляться искусственным увеличением волновой длины λ до значения π посредством увеличения индуктивного сопротивления и емкостной проводимости [2].

Недостаток метода связан с характерным для длинных линий значительным изменением соотношения мощностей электрического и магнитного полей при отклонении передаваемой мощности от натуральной. Это обстоятельство определяет необходимость применения регулируемых компенсаторов реактивной мощности.

Такое управление сопротивлением линий стало возможно с помощью гибких систем передачи переменного тока (FACTS).

К устройствам FACTS относятся *синхронный компенсатор (СК)* – синхронная машина, работающая как в режиме генерации (основной режим), так и потребления.

В отличие от синхронного, *статический компенсатор реактивной мощности (СКРМ)*, в связи с отсутствием механических вращающихся частей, при надлежащем управлении может иметь сколь угодно высокое быстродействие. Устройство основано на использовании управляемых реакторов и конденсаторных батарей (КБ). Изменяя мощность одного из них, можно получить как генерацию, так и потребление реактивной мощности [3]. СКРМ, в котором регулирование производится с помощью тиристорных ключей, называется *статическим тиристорным компенсатором (СТК)*.

Улучшенным аналогом синхронного компенсатора является *Статком* – СКРМ, регулирование которого производится на базе преобразователей нового типа – IGBT транзисторах. Этот статический компенсатор развивает свою ЭДС и в случае, когда эта ЭДС меньше напряжения сети, Статком потребляет реактивную мощность из сети, в обратном случае – генерирует [5].

Для перераспределения мощности между параллельными связями применяется *фазоворотное устройство (ФПУ)*. Оно воздействует на угол между векторами напряжения начала и конца передачи и, соответственно, на изменение передаваемой по линии мощности [4].

К более дешевым устройствам относятся *управляемые шунтирующие реакторы (УШР)*, обеспечивающие баланс реактивной мощности в точке их включения. [2] Регулирование может быть выполнено двумя способами: изменением сопротивления реактора за счет подмагничивания магнитопровода реактора постоянным током или изменением длительности протекания тока через реактор в течении каждого полупериода частоты сети с помощью управления тиристорами [5].

К устройствам FACTS воздействующим на электромагнитные характеристики линии, т.е. изменяющие ее индуктивное сопротивление и емкостную проводимость относятся устройства *управляемой продольной компенсации (УПК)*, состоящие из управляемой КБ и УШР.

Эффект идентичный включению в линию УПК можно достичь, если последовательно ввести в линию напряжение, пропорциональное степени компенсации и отстающее по фазе от тока на 90° . По такому принципу работает *последовательный регулятор потоков мощности (ПРПМ)*.

К устройствам комбинированного воздействия на передаваемую по линии мощность относятся *объединений регулятор потоков мощности (ОРПМ)*. Устройство представляет собой два преобразователя типа Статком, включенных параллельно-последовательно в рассечку линии. ОРПМ регулирует величину напряжения и сопротивления линии и фазовый угол. [5]

Устройства FACTS позволяют управлять значением пропускной способности линий электропередач, а также перераспределять между ними потоки активной мощности, не опасаясь нарушения устойчивости. Таким образом, установка FACTS повышает надежность электроснабжения потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, Г. Н. Режимы работы воздушных линий электропередачи / Г. Н. Александров. – Санкт-Петербург : Центр подготовки кадров, 2006. – 139 с. – Текст : непосредственный.

2. Ананичева, С. С. Передача электроэнергии на большие расстояния: учебное пособие для вузов / С. С. Ананичева, П. И. Бартоломей, А. Л. Мызин. – Изд. 3-е, испр. – Екатеринбург : УрФУ, 2012. – 85 с. - Текст : непосредственный.

3. Мисриханов, М. Ш. Современный управляемые источники реактивной мощности и их применение в электроэнергетических системах. Часть I / М. Ш. Мисриханов, В. Н, Рябченко, М. Г. Гаджиев. – Текст : непосредственный // Энергетика. Передача и распределение. - 2018. - № 3. - С. 24-34.

4. Кочник, В. И. Новые технологии повышения пропускной способности ЛЭП / В. И. Кочкин. – Текст : непосредственный // Новости ЭлектроТехники. - 2007. - № 4. - С. 2-6.

5. Рыжов, Ю. П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для вузов / Ю. П. Рыжов. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2007. – 488 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621. 311

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Рябишина Л. А., канд. техн. наук, доцент, ryabli@yandex.ru

Бадертдинов Р. Р., магистрант, badertdinov.rigat@yandex.ru

Кусайынов Д. Ж., магистрант, Kd_96.96@mail.ru

г. Уфа, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. Для анализа эффективной совместной преобразователя частоты с питающей сетью и асинхронного двигателя необходимо оценивать уровень электромеханической совместимости для характерных режимов работы привода. Одним из путей обеспечения

электромеханической совместимости в частотно-регулируемом асинхронном электроприводе является усовершенствование алгоритмов управления преобразователем частоты с активным выпрямителем, позволяющих снизить высокочастотные пульсации электромагнитного момента двигателя и входных токов активного выпрямителя.

Ключевые слова: преобразователь частоты, электромеханическая совместимость, активный выпрямитель.

С увеличением использования в нефтегазовой промышленности статических преобразователей частоты возникает острая проблема электромеханической совместимости силовых преобразователей с оборудованием сети и асинхронными двигателями. Силовые полупроводниковые преобразователи являются причиной появления высших гармоник напряжения, как в энергосистеме, так и в нагрузке, воздействие которых оказывает негативное влияние как на работу устройств, получающих от них питание, так и на оборудование, работающее в одной энергосистеме с частотными преобразователями. Пульсации входных токов активного выпрямителя, а также электромагнитного момента асинхронного двигателя приводят к возникновению дополнительных потерь мощности в электрооборудовании, увеличению шума при работе дросселей преобразователя и другого оборудования, питающегося от той же линии питания, увеличению вибрации у асинхронных двигателей, появлению резонансов в электроприводе и т.д.

В качестве объекта исследования – частотно-регулируемый погружной электропривод центробежного насоса. Исследование посвящено воздействию силовых преобразовательных устройств (СПП) на электрическую сеть и оборудование, входящее в нее. Воздействие проявляется в следующих аспектах: потребление из сети неактивной мощности, генерирование в СЭС гармоник тока и напряжения.

Вопросу обеспечения электромеханической совместимости СПП с СЭС посвящено значительное количество исследований. Существуют различные варианты способов повышения электромеханической совместимости. Использование того или иного варианта зависит от конкретной электромагнитной обстановки в сети. Для конкретного решения вопроса обеспечения электромеханической совместимости асинхронного ЭП с СЭС эффективным является применение в его структуре активного выпрямителя (АВ). Данный преобразователь позволит обеспечить высокое значение коэффициента мощности ЭП, допустимое значение коэффициента нелинейных искажений напряжения и возможность рекуперации энергии в сеть. Но при этом, необходимо рассмотреть вопросы, связанные с высокочастотными пульсациями входных токов АВ и их влиянием на оборудование, включенное в одну линию питания с преобразователем.

Одним из направлений исследований стало создание имитационной модели асинхронного ЭП в программной среде имитационного моделирования *Matlab*, включающая модели структуры преобразователя частоты

(АВ, АИН, АД и их системы управления). С помощью модели, можно эффективно оценивать уровни пульсаций электромагнитного момента двигателя и входных токов системы при различных режимах работы привода с разными алгоритмами управления выпрямителя.

Зависимости пульсаций электромагнитного момента от величины нагрузки, полученные для разных значений $f_{\text{ШИМ}}$ инвертора, позволяют определить диапазон частот $f_{\text{ШИМ}}$, при котором коэффициент пульсаций электромагнитного момента находится на допустимом уровне при различных режимах работы.

Определено, что при снижении частоты вращения ротора двигателя (при уменьшении коэффициента модуляции напряжения k_M) пульсации электромагнитного момента, обусловленные использованием алгоритма 5-ПВ-ШИМ значительно возрастают, по сравнению с применением алгоритма 7-ПВ-ШИМ. При этом в диапазоне частот вращения $(0,7 \div 1)\omega_n$ пульсации электромагнитного момента, обусловленные исследуемыми алгоритмами управления, имеют сопоставимые значения. Следовательно в указанном диапазоне частот вращения для эффективной работы асинхронного привода возможно использовать алгоритм управления инвертором с уменьшенным количеством переключений на периоде ШИМ.

Исследования на имитационной модели показали, что использование в алгоритмах управления силовым преобразователем частоты ШИМ позволяет снизить уровень амплитуд высокочастотных пульсаций электромагнитного момента двигателя ориентировочно в 11 раз и входных токов АВ в 8 раз по отношению к использованию алгоритмов с постоянной частотой ШИМ.

Исследование на модели позволило определить алгоритмы управления преобразователем, позволяющие повысить уровень электромагнитной совместимости в ЭП. Анализ рассмотренных алгоритмов управления преобразователем по гармоническому составу напряжения показал, что коэффициент нелинейного искажения напряжения преобразователя зависит как следующих параметров: от используемого алгоритма управления преобразователем и от коэффициента модуляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Татаринев, Д. Е. Алгоритмические методы обеспечения электромагнитной совместимости асинхронных электроприводов при питании от преобразователей частоты / Д. Е. Татаринев, А. Е. Козярук. – Текст : непосредственный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2016. – № 4. – С. 77-83.

2. Павленко, В. Сравнительный анализ электромагнитных процессов в структурах электроприводов нефтедобывающей промышленности / В.

Павленко, В. Климов, И. Климов – Текст : непосредственный // Силовая электроника.– 2010.– № 3.– С. 30-35.

3. Лукутин, Б. В. Силовые преобразователи в электроснабжении: учебное пособие / Б. В. Лукутин, С. Г. Обухов. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013.– 154 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.316

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТКОМ НА ПРОТЯЖЕННЫХ ЛЭП

Сорогин А. С., магистрант, sorg96@gmail.com.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Сегодня стоимость для изготовления устройств на основе IGBT-транзисторов для компенсации реактивной мощности постоянно снижается, появляется возможность применения СТАТКОМ на объектах нефтегазовой промышленности. Целью данного исследования является технико-экономическая оценка эффективности СТАТКОМ на протяженных ЛЭП нефтегазодобывающей промышленности.

Ключевые слова: Компенсация реактивной мощности, СТАТКОМ.

Для схемы электрической сети мощностью 125 МВА (данную мощность выбрали как приблизительную максимальную нагрузку, на которую может выйти месторождение для напряжения линий электропередачи 110 кВ) установка устройства СТАТКОМ позволит увеличить пропускную способность ЛЭП.

Устройство СТАТКОМ подключается в электрическую сеть параллельно ЛЭП и осуществляет компенсацию реактивной мощности, путем балансирования активной мощности, потребляемой от источника переменного тока. Сохраняет стабильность напряжения на всех уровнях передачи энергии, управляет установившимися и временными перенапряжениями, имеет меньшие габариты, к примеру установка СТАТКОМ мощностью 60 МВА занимает (по данным АВВ) ориентировочно площадь 45x18 м, тогда как установка ТРГ и конденсаторных батарей-фильтров, требует вдвое большей площади.

Экономическую эффективность устройств СТАТКОМ можно оценить с помощью «Методики оценки технико-экономической эффективности применения устройств FACTS в ЕНЭС России»[2]. С помощью таких показателей как чистый дисконтированный доход (ЧДД) от применения устройства СТАТКОМ:

$$\text{ЧДД} = -K + \sum_{i=1}^T (R^{(i)} - Z^{(i)}) \cdot (1 + E)^{-i}, \quad (1)$$

где K – капиталовложения в устройства СТАТКОМ, которые определяются приближенно 6000 руб/кВА и при суммарной мощности 125 МВА составляют $K = 750$ млн руб; $R(t)$ – суммарный системный экономический результат от применения устройства СТАТКОМ на t -ом шаге расчета; $Z(t)$ – годовые затраты на амортизацию и обслуживание устройств согласно [2] оцениваются ориентировочно в размере 8,4% от капитальных вложений по формуле $Z(t) = \alpha \cdot K = 0,084 \cdot 2 = 10,8$ млн руб/год; T – продолжительность эксплуатации устройства СТАТКОМ ($T = 25$ лет); E – норма дисконта, варьируемая 4,8,12%.

Годовой суммарный экономический результат от применения устройств СТАТКОМ в первом и втором случаях рассчитаем по формулам:

$$R(t) = P \cdot T_{\max} \cdot \Delta C, \quad (2)$$

или

$$R(t) = P \cdot T_n \cdot C_n, \quad (3)$$

где $P = 40$ МВт – увеличение выдачи активной мощности из энергосистемы с помощью СТАТКОМ; $T_{\max} = 4000$ ч – годовое число часов использования дополнительно передаваемой мощности; ΔC – разница тарифа на оптовом рынке в энергосистеме и отпускной цены электроэнергии, выработанной на замыкающих генерирующих мощностях станции; T_n – число часов существования максимального недоотпуска; $C_n = 90$ руб/кВт.ч – компенсационные выплаты за недоотпуск электроэнергии [2].

В общем случае срок окупаемости устройства СТАТКОМ с использованием дисконтирования может быть определен по следующей формуле [2]:

$$\tau = \frac{-1}{\ln(1+E)} \ln\left(1 - \frac{K}{R-3} \cdot \frac{E}{1+E}\right), \quad (4)$$

Индекс доходности определяется по формуле:

$$ИД = \frac{R-3}{K} \sum_{t=1}^T \frac{1}{1+E^t}, \quad (5)$$

В таблице 1 приведены рассчитанные показатели экономической эффективности для обоих рассмотренных выше вариантов применения устройства СТАТКОМ. Из табл. 1 видно, что в 1 варианте источников срок окупаемости затрат на СТАТКОМ во многом зависит от разницы тарифа на оптовом рынке и отпускной цены электроэнергии. При принятых исходных данных для варианта с нормой дисконта 8 % ЧДД, срок окупаемости и ИД демонстрируют приемлемые для инвестирования значения в диапазонах 274 – 1320,6 млн руб, 4,8 – 14,7 лет и 1,1 – 2,5 при разнице в тарифе ΔC более чем 0,6 руб/кВт (488,8–1545,6 млн руб, 5,4–2,1 лет и 2,3 –5,1 % при удельной стоимости СТАТКОМ до 3000 руб/кВА). Второй вариант расчета показателей экономической эффективности применения СТАТКОМ демонстрирует похожие результаты

Таблица 1

Показатели экономической эффективности применения СТАТКОМ
(при удельной стоимости 6000руб/кВА)

Показатели		Вариант 1: Вытеснение замыкающих генерирующих мощностей			Вариант 2: Уменьшение компенсационных выплат за недоотпуск электроэнергии	
		$\Delta C=0,02$ руб/кВт.ч	$\Delta C=0,025$ руб/кВт.ч	$\Delta C=0,03$ руб/кВт.ч	$T_n=40$ ч	$T_n=50$ ч
Норма дисконта 12%	ЧДД, млн руб	42,5	442	811	34,6	213
	Срок окупаемости, лет	35	8,2	5,2	44	13
	ИД	0,85	1,4	1,9	0,8	1
Норма дисконта 8%	ЧДД, млн руб	274,4	818,9	1320,6	263,8	506,6
	Срок окупаемости, лет	14,7	7	4,8	15	10
	ИД	1,1	1,9	2,5	1,1	1,5
Норма дисконта 4%	ЧДД, млн руб	679,7	1476,5	2210,7	664,1	1019
	Срок окупаемости, лет	11	6,2	4,4	11	8,3
	ИД	1,7	2,7	3,7	1,7	2,1

Таким образом, инвестиции в устройство СТАТКОМ можно считать достаточно эффективными, так показатели экономической эффективности заметно возрастают при значении компенсационных выплат за недоотпуск электроэнергии не менее чем 90 руб/кВт.ч и снижении удельной стоимости оборудования СТАТКОМ до 3000 руб/кВА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андерсон, П. Управление энергосистемами и устойчивость / П. Андерсон ; Под ред. Я. Н. Лугинского. – Москва: Энергия, 2015. – 568 с. – Текст : непосредственный.

2. Методика оценки технико-экономической эффективности применения устройств FACTS в ЕНЭС России. – Текст : электронный // ФСК ЕЭС : [сайт]. – URL : <http://fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29-2009.pdf> (дата обращения 30.10.2019).

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ РАССРЕДОТОЧЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ткаченко С. Н., канд. техн. наук, доцент, tsn1981@mail.ru
Корытченкова Е. Е., магистрант, e.e.korytchenkova@gmail.com
г. Донецк, Донецкий национальный технический университет

Аннотация. В статье рассмотрена возможность использования водорода в качестве накопителя энергии в энергосистемах концепции микрогрид, содержащих возобновляемые источники энергии. Эта технология позволит стабилизировать работу удаленных энергосистем и минимизировать вредное воздействие на окружающую среду. Установлено, что наиболее подходящим для данной цели способом получения водорода является электролиз.

Ключевые слова: водород, микрогрид, накопители энергии, электролиз.

Прогнозируемое сокращение запасов углеводородного топлива, экологические проблемы, связанные с его использованием, а также постоянно растущие цены на него привели к мировой тенденции внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ). С целью облегчения управления электроэнергетическими системами (ЭЭС) с большой долей ВИЭ разработана концепция интеллектуальной ЭЭС (Smart grid) с принципами децентрализации, использования виртуальных электростанций и микрогрид-систем [1-3].

Понятие ВИЭ подразумевает солнечную, ветровую, геотермальную, водородную энергию, энергию биомассы, приливов и др. В России, помимо гидроэнергетики, имеется огромный потенциал для развития всех типов ВИЭ, и в каждом из её регионов найдет применение как минимум один, учитывая, что экологические показатели многих крупных городов отклонены от нормы в негативную сторону из-за деятельности предприятий нефтегазовой промышленности. Так, развитие водородного комплекса могло бы в значительной мере устранить не только экологический аспект этой проблемы, но и социальный, привлекая для своих нужд человеческие ресурсы. Неоспоримыми преимуществами водорода являются его экологическая безопасность и практически неограниченные возможности его получения. В связи с этим в данной статье особое внимание уделяется применению водорода в децентрализованной энергетике.

Существует множество территорий, которые можно отнести к категории труднодоступных, где нет централизованного электроснабжения. Согласно данным исследований Крыловского государственного научного центра [4], в отдельных районах РФ, не охваченных единой энергосистемой, проживает более 20% населения страны. Поэтому развитие малой

рассредоточенной энергетики является важной государственной задачей. Ввиду активного развития ВИЭ, систем накопления энергии и информационных технологий для выполнения поставленных задач целесообразно использовать энергетические решения, которые часто называют микросетями (от англ. microgrids).

Особенностью микрогрид является возможность работать как автономно, так и будучи подключенной к энергосистеме в качестве самостоятельной единицы. Ввиду стохастического характера выработки энергии возобновляемыми источниками их количество в энергосистеме не может быть бесконечным. Чтобы стабилизировать работу такой системы и сделать возможным более эффективную интеграцию ВИЭ, целесообразно включить в неё накопители энергии, которые смогут поддерживать баланс мощностей и снизить потери при передаче энергии. Вопросам анализа режимов работы микрогрид-систем с ВИЭ посвящены работы [1-3], однако в них в недостаточной степени рассмотрены системы, использующие водород в качестве накопителя энергии.

Концепция микрогрид с ВИЭ и водородными топливными элементами (ВТЭ) позволяет в полной мере осуществить цикл выработки, использования и хранения электроэнергии. На производство водорода в данном случае затрачивается избыточная электроэнергия от ВИЭ, а в периоды нехватки энергии запасенный водород потребляется ВТЭ, вырабатывающим ток. Такая технология применяется для автономного энергоснабжения, например, частного дома (технология SmartHouse) и других зданий. Однако такие решения на данный момент применимы не везде, что обусловлено относительно невысокой окупаемостью оборудования, его высокой стоимостью, а также существующей энергетической инфраструктурой, которая усложняет внедрение автономных источников энергии. Решению проблем способствует ужесточение соответствий экологическим нормам и наращивание мощностей, а также сокращение запасов органического топлива, так что стоимость оборудования нетрадиционной энергетики будет уменьшаться.

В ближайшее время природный газ продолжит занимать лидирующие позиции в производстве водородного топлива, но так как его запасы ограничены, стоимость его и, соответственно, водорода в дальнейшем возрастет. Еще одна проблема данной технологии заключается в негативном воздействии на окружающую среду. Нефть также слишком ценное и высокоэффективное топливо, чтобы производить из нее водород. В долгосрочной перспективе стратегия производства водорода должна ориентироваться на другие источники.

Электролиз является одной из перспективных технологий (в частности, из-за своей экологической чистоты) при условии, что производство необходимой для электролиза энергии также экологически чистое, иначе весь смысл использования топливных элементов сводится к нулю. Также

его достаточно легко организовать в условиях маломасштабного производства, приблизив к потребителю. На данный момент получение водорода путём электролиза составляет всего 4-5% от мирового производства водорода. Это обусловлено высокой стоимостью электроэнергии от энергосистемы и, соответственно, высокой ценой на товарный водород, а также определёнными трудностями при его транспортировке и хранении в больших объемах. Цена электролитического водорода в зависимости от тарифа по разным оценкам составляет 6-30 \$/кг, что примерно в 3-6 раз выше, чем получаемого путём конверсии метана [5]. Поэтому доля коммерческого производства водорода составляет всего 5% от общего.

Таким образом, использование электролизной установки для децентрализованного производства водородного топлива наиболее рентабельно, так как имеется сравнительно дешёвая и чистая электроэнергия от возобновляемых источников, а также исключены затраты на транспортировку водорода. Стоимость водорода, полученного при использовании электроэнергии по средней цене и при использовании «дешёвой» электроэнергии отличается почти в 2–3 раза. Учитывая стремление к переходу на возобновляемую энергетику и снижению вредных воздействий на окружающую среду электролиз можно рассматривать в перспективе как один из основных способов децентрализованного получения водорода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стычинский, З. А. Возобновляемые источники энергии: Теоретические основы, технологии, технические характеристики, экономика / З. А. Стычинский, Н. И. Воропай. – Magdeburg : Издательство Магдебургского университета имени Отто-фон-Герике (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg), 2010. – 209 с. – Текст : непосредственный.
2. Buchholz, В. М. Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks / В. М. Buchholz, Zbigniew Styczynski. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. – 396 с. – Direct text.
3. Полякова, Т. В. Состояние и перспективы водородной энергетики в России и мире / Т. В. Полякова. – Центр глобальных проблем ИМИ, 2015. – 37 с. – Текст : непосредственный.
4. Ландграф, И. К. Введение в водородную энергетику и топливные элементы. Водородная энергетика как приоритетное научно-техническое направление развития энергетики / И. К. Ландграф. – Филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2016. - 54 с. – Текст : непосредственный.
5. Алхасов, А. Б. Возобновляемая энергетика / А. Б. Алхасов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 256 с. – Текст : непосредственный.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Трошкин С. В., магистрант, troshkin.sergey4@yandex.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Рассмотрение данной темы актуально для предприятий, которые большое внимание уделяют энергетической эффективности собственных технологических процессов. Целью статьи является выявление состояния проблемы экономии электроэнергии в технологических процессах добычи нефти и газа. В данной статье исследованы методы добычи нефти и газа, приведена статистика объема добываемой нефти в России за последние 10 лет, указаны некоторые способы экономии электроэнергии.

Ключевые слова: электроэнергия, методы нефтедобычи, электропотребление, газ, нефть.

В последние годы в связи с экономическими трудностями, которые были вызваны нестабильными ценами на углеводородное сырье, увеличивающимися тарифами на электроэнергию и повышающимися требованиями природоохранных организаций, на нефтегазодобывающих предприятиях стали большее значение придавать энергетической эффективности собственных технологических процессов. С этой целью проводится регулярно энергоаудит объектов нефтегазовой отрасли, разрабатываются мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности [1].

В процессе разработки месторождений нефти строятся нефтяные скважины. Среди способов извлечения скважинной жидкости можно выделить современные методы нефтедобычи такие, как:

- фонтан (выход флюида происходит за счет разности давления в продуктивном пласте и давления на устье скважины)
- насосно-компрессорная добыча, в том числе с использованием различных видов насосов: электроцентробежного насоса; установка электро-винтового насоса; установка штангового скважинного насоса.

Объем добычи газа в России в 2018 году вырос на 4,9% по сравнению с 2017 годом и составил 725,17 млрд куб. м., прогноз по газу в 2019 году повышен до 739,1 млрд куб. м.

Добыча нефти в России с 2009 года стабильно растет, начиная с 2010 года добыча нефти в России преодолела планку в 500 млн. тонн, на Рис. 1 представлены данные по объему добываемой нефти в России за период с 2009 года по 2019, в 2019 году прогнозное значение по объему добычи нефти составляет 561 млн. тонн.



Рис. 1. Объем добываемой нефти в России за последние 10 лет.

Механизированная скважинная добыча углеводородного сырья считается достаточно энергоемким производственным циклом, состоящим из таких технологических процессов, как закачка в пласт через нагнетательные скважины воды системой поддержания пластового давления), лифтинг пластовой жидкости через добывающие скважины с использованием глубинных насосов, сбор и подготовка нефти и газа, а также их транспортировка по внутрипромысловым трубопроводам. Отмечается, что все перечисленные технологические процессы являются взаимосвязанными и изменение режима каждого из них несомненно отразится на других [3].

Значительную долю в электропотреблении на предприятиях нефтегазового комплекса составляет двигательная нагрузка (приводы штанговых глубинных насосов, электроцентробежных насосов), со временем возникает необходимость в корректировке производительности оборудования, в сторону увеличения или уменьшения.

Самым эффективным способом изменения производительности электропривода штангового глубинного насоса считают плавное регулирование подачи насоса с использованием частотно-регулируемого привода.

Для электроцентробежных насосов – регулирование скорости вращения насоса посредством изменения частоты питающего напряжения.

Производительность электроприводов дожимных насосных станций также нуждается в регулировании. Регулирование осуществляется путем изменения числа работающих агрегатов, а также дросселированные. Недостатки данных способов, в том, что имеет место ступенчатое изменение подачи электроэнергии, а также большие потери энергии.

Однако, внедрение частотно-регулируемого привода на кустовых и дожимных насосных станциях сдерживается высокой стоимостью, так как это в основном высоковольтные электродвигатели большой мощности. Снизить стоимость внедрения представляется возможным установкой одного высоковольтного преобразователя частоты на группу насосных агрегатов.

Природный газ отличается от жидкого и твердого топлива тем, что должен сразу направляться напрямую к потребителям. По этой причине

добыча, транспортировка, потребление газа являются тесно связанными друг с другом звеньями единого процесса.

Функция очистки и транспортировки добытого газа возложена на линейно – производственное управление магистрального газопровода. На предприятиях осуществляют следующие операции: очистку и осушку газа в газопроводе; поддержание необходимого давления в трубопроводе; охлаждение газа до оптимальной температуры. Основным технологическим оборудованием являются компрессорные агрегаты (газопроводные) и аппараты воздушного охлаждения газа (АВО газа).

В настоящее время разрабатываются методы экономии электроэнергии применимые к одной из группы технологических процессов добычи нефти и газа, соответственно не берется во внимание взаимосвязь процессов.

Так, например, существенную экономию можно получить путем сокращения потребления электроэнергии приводами скважинных добывающих насосов, за счет увеличения количества закачиваемой через нагнетательные скважины воды, но при этом значительно повысится обводненности продукции скважин, что неизбежно приводит к увеличению расхода электроэнергии на сбор и подготовку нефти [2].

Часто разработкой мероприятий по экономии электроэнергии занимаются разные подразделения на предприятии, каждое из которых имеет свою программу повышения энергоэффективности, реализация которой может отрицательно сказаться на других процессах, поэтому энергоэффективность нефтегазодобычи должна оцениваться только комплексно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарифуллина, Р. Х. Преемственность и специфика программ повышения энергоэффективности и качества технологий освоения углеводородного сырья нефтедобывающей компании на примере ОАО «Татнефть» / Р. Х. Гарифуллина, М. В. Райская. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - № 19. - С. 285-287.

2. Гизатуллин, Ф. А. Анализ энергоэффективности электротехнического комплекса нефтегазодобывающего предприятия / Ф. А. Гизатуллин, М. И. Хакимьянов. – Текст : непосредственный // Вестник УГАТУ - 2017. - № 3. - С. 54-59.

О КРИТЕРИЯХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛЕЙ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Тюньков Д. А., ассистент, tyunkov_dm@omgtu.ru

Сапилова А. А., инженер, alinka.s97@mail.ru

г. Омск, Омский государственный технический университет

Аннотация. Статья предназначена для специалистов в области построения прогностических моделей выработки электрической энергии для военного и гражданского секторов. Выработаны критерии для оценки программной реализации алгоритмов прогнозирования выработки электрической энергии.

Ключевые слова: прогнозирование, выработка электрической энергии, оптовый рынок электроэнергии и мощности.

Современные условия развития электроэнергетики в РФ характеризуются, как с повышением цен на топливно-энергетические ресурсы для производства электроэнергии, так и с удорожанием строительства электростанций при применении более высокотехнологического оборудования и ужесточением требований по охране окружающей среды. В связи с чем, постановлением правительства РФ №449 от 27.09.2018г. «О механизмах стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» отмечены основные механизмы стимулирования для развития альтернативной энергетики. Однако, одной из основных проблем использования таких источников (солнечные панели, ветряки) для генерации электрической энергии в сеть, - является проблема, связанная с предсказанием объемов выработки электрической энергии такими источниками.

Было предложено большое количество методик прогнозирования выработки электрической энергии [1]. Кроме того, методики прогнозирования, проходя эволюционный путь, постоянно совершенствуются. Процесс краткосрочного прогнозирования выработки электрической энергии является специфической задачей. Цикличность, метеофакторы, социальные явления, а также другие различные факторы влияют на сам процесс. При этом, процесс прогнозирования выработки электрической энергии обычно автоматизирован, а также представлен в виде программных средств, которые позволяют использовать эксперту необходимые встроенные возможности, а также производить сравнение полученных результатов и принимать решение о применимости или не применимости методов.

Для достижения результативной работы рекомендуется использовать следующие критерии в оценке качества реализации методов краткосрочно-

го прогнозирования выработки электрической энергии: точность прогнозирования и интервальность, надежность и спецификация модели, устойчивость к ошибкам в данных и возможность обработки специальных случаев, надежность реализации и учет метеофакторов, адаптивность модели и экономичность, а также интерактивная реализация.

Точность прогнозирования. Данный показатель является стержневым для лабораторных испытаний. Он имеет точный технико-экономический смысл. При построении прогностических моделей эксперт постоянно стремится достичь максимального повышения точности, так как она является одной из главных задач энергообъединения [2, 3].

Точность прогнозирования принято характеризовать абсолютными (в МВт или МВт/ч.) ошибками:

$$\Delta = P - \bar{P} \quad (1)$$

относительными ошибками

$$\delta = \frac{(P - \bar{P})}{P} \quad (2)$$

где P и \bar{P} – фактическое и прогнозное значения электропотребления.

В свою очередь выделяют статистические характеристики, которые вычисляются за заданный интервал времени N .

К ним относятся средние ошибки:

$$\delta = N^{-1} \sum_{i=1}^N \delta_i \quad (3)$$

среднеквадратичные ошибки:

$$\delta = N^{-1} \sum_{i=1}^N (\delta_i - \bar{\delta})^2 \quad (4)$$

Также точность полностью зависит от времени упреждения прогноза. Каждый следующий прогноз, выполненный с наименьшим упреждением, обязан уточнять предыдущий, который был получен с большей заблаговременностью. Предоставление прогнозирования, которое не уступает точности «ручного расчета» эксперта является важнейшим практическим критерием.

Интервальность. Интерполяция при отсутствии данных. Прогнозы выработки электрической энергии более удобно и представлять с помощью интервального вида, а именно необходимо вычислить как ожидаемое значение прогнозируемой величины, так и ширину доверительного интервала, в пределах которого, с некоторой наперед заданной точностью, с близкой к единице вероятностью может оказаться фактическое значение.

Доверительный интервал можно найти по формуле:

$$s_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - k)} \quad (5)$$

где y_t – фактическое значение уровней ряда; n – длина временного ряда; k – число оцениваемых параметров выравнивающей кривой.

Наилучший уровень вероятности выбирается на основе опыта применения интервальных прогнозов. В программной реализации прогнозирования электрической энергии должна быть продумана возможность изменения такого интервала.

Спецификация модели. С помощью данного критерия определяется специфика работы модели прогнозирования выработки электрической энергии. Модель должна работать как с частью временного ряда, для которой она не является адекватной и оптимальной, так и со всем временным рядом в целом. В этом случае на выходе модели должны получаться более верные прогнозы, иначе модель будет выдавать ошибочные значения, а это может привести к значительным финансовым рискам, если знаний эксперта недостаточно.

Устойчивость к ошибкам в данных. Данный параметр является важным, поскольку на практике энергообъединения, как правило, используют несколько источников данных и предварительно данные собираются из этих источников. Метод прогнозирования выработки электрической энергии также должен быть устойчив к недостатку части входных данных. Данное условие особенно немаловажно для методов, в которых наравне с автоматически поступающими данными время от времени необходимо вводить дополнительную информацию. Таким образом, прогнозирующая система обязана содержать процедуры, которые обеспечивают ее надежную работу в условиях нехватки исходных данных.

Возможность обработки специальных случаев. Большая часть существующих методов представляет близкие характеристики точности прогнозирования в «типовых» ситуациях.

Методика прогнозирования, которая рассчитана на работу в рабочие дни должна работать также и с другими типами дней, однако в этом случае допускается получение результатов с меньшей точностью.

Надежность программной реализации. Поскольку в реальных условиях внедряемые в работу модели прогнозирования работают с применением программных и вычислительных средств, требуется обеспечить обработку всех исключительных ситуаций, которые могут привести к отказу работы алгоритма либо аварийному завершению работы программы, либо получению неверного результата в случае какой-либо ошибки [4].

Учет метеофакторов подразумевает, что необходимо учитывать, так как погодные условия оказывают существенное влияние на выработку электрической энергии, так как погодные условия существенно влияют на электропотребление [5, 6].

Адаптивность модели. По мере поступления последних актуальных данных прогностическая модель должна уточнять прогноз, а также автоматически обновлять эти данные.

Экономичность. Данный параметр предполагает, что прогностические методы должны быть экономичными в отношении использования вычислительных ресурсов, а именно оперативной памяти и машинного времени.

Интерактивная реализация обеспечивает удобный пользовательский интерфейс, а также предоставляет возможность ввода требуемой корректирующей информации экспертом.

Нельзя отметить, что какой-то из представленных критериев, является наиболее значимым, так как в случае недостатка какого-либо из этих критериев, работа прогностической модели может завершиться ошибкой, а это равным образом повлечет за собой ошибку при построении модели краткосрочного прогнозирования выработки электрической энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерошенко, С. А. Подходы к прогнозированию плотности потока энергии солнечного излучения для СЭС / С. А. Ерошенко, А. И. Хальясмаа, Д. А. Снегирев. – Текст : непосредственный // Энергоэксперт. – 2017. – № 5. – С. 28-31.

2. Грицай, А. С. Краткосрочное прогнозирование потребления электроэнергии с использованием нейронной сети / А. С. Грицай, А. В. Гаак. – Текст : непосредственный // Энергорынок. – 2007. – № 11. – С. 13-15.

3. Надтока, И. И. Краткосрочное прогнозирование нагрузки с помощью теории наименьших квадратов опорных векторов (LS-SVM) / И. И. Надтока, Б. М. Аль-Зихери. – Текст : электронный // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – URL : <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11213> (дата обращения: 02.03.2019).

4. Павловская, О. О. Статистические методы оценки надежности программного обеспечения / О. О. Павловская. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2009. – № 26 (159). – С. 35-37.

5. Манусов, В. З. Сравнительный анализ двух моделей прогнозирования электрической нагрузки промышленных предприятий, построенных на основе регрессионного анализа и искусственных нейронных сетей / В. З. Манусов, С. В. Хохлова. – Текст : непосредственный // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 1 (30). – С. 147-159.

6. Прогнозирование электропотребления с учетом температуры воздуха и естественной освещенности для региональных диспетчерских управлений / И. И. Надтока, А. В. Демур, С. О. Губский [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия : технические науки. – 2012. – № 1 (33). – С. 156-161.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Ульянов С. А., магистрант, ulyanov.serega@mail.ru.

Илюхин К. Н., канд. тех. наук, доцент, iljuhinkn@tyuiu.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Энергоэффективность – это одна из важных направлений в экономике России. Актуальность энергосбережения и повышение энергетической эффективности зданий обусловлена высокими затратами и постоянным ростом тарифов на энергоресурсы. Создание комплексной программы энергосберегающих мероприятий для улучшения энергоэффективности в электроэнергии образовательного учреждения на примере средней школы на основании экспериментальных и экономических исследований. Для выполнения цели исследований необходимо решить основные задачи: провести энергетическое обследование здания школы, составить энергетический паспорт здания в электроэнергии и установить класс энергоэффективности объекта, разработать комплекс энергосберегающих мероприятий в электроэнергии для ограждающих конструкций здания и инженерных систем, рассчитать стоимость внедряемых мероприятий и вычислить срок их окупаемости и потенциала энергосбережения в электроэнергии.

Ключевые слова: энергоаудит, энергоэффективность, электрические сети.

Высокий износ общественных зданий, недостаточная осведомленность работников бюджетной сферы о возможностях энергосбережения, отсутствие реальных стимулов у руководителей организаций к повышению энергетической эффективности. Эти причины замедляют процесс внедрения программ энергосбережения. Энергоаудит позволяет получить данные о существующем состоянии объекта, для разработки комплекса мероприятий, которые повышают энергоэффективность и оценки потенциала энергосбережения. А также выявляет причины энергопотерь и в конечном итоге позволяет снизить расходы на энергетические ресурсы.

При обследовании систем электроснабжения необходимо ознакомиться с проектно-технической документацией, схемами электроснабжения.

В ходе обследования выполняются, как правило, следующие работы:

- визуальное обследование состояния электроприемников;
- выявление дефектов, повреждений, нарушений в процессе эксплуатации;
- сведения о потреблении электроэнергии на освещение и питание техники;
- определение количества и типов электроприемников, режим их работы.

Использование в помещениях датчиков движения позволяет контролировать работу светильников. Датчик, реагирующий на присутствие людей, автоматически срабатывает включением и выключением освещения в помещениях в зависимости от наличия людей и от интенсивности потока естественного света. С помощью таких устройств получается приличная экономия электричества. Расход электроэнергии на свет в среднем уменьшается на 30%.

Есть один выгодный способ, который может увеличить эффективность использования энергии - это применять современные технологии в системе электроснабжения. Нередко систему электроснабжения производят не в номинальном режиме, распределительные сети и электрооборудование недогружены или перегружены. Такие процессы значительно влияют на увеличение потери в трансформаторах. Для образовательных учреждений наиболее энергетически эффективна модернизация систем освещения и контроль за электропотребляющим оборудованием.

В частности, из электротехники известно, что для того, чтобы по электрической сети передать потребителям определенное количество поступившей в сеть электрической энергии, часть ее нужно затратить на преодоление активного сопротивления сети, на собственные нужды подстанций, корону в линиях, потери в стали трансформаторов, компенсирующих устройствах и т.п. Эти затраты называют техническими потерями электроэнергии в сети. В денежном выражении они составляют около 90% от всех затрат на энергоресурсы электросетевой компании, включающих кроме затрат на покупку потерь, расходы на водоснабжение, теплоснабжение и горючесмазочные материалы. Учитывая это, часто под основным показателем энергоэффективности электрических сетей понимают «относительные потери электроэнергии», равные отношению абсолютных потерь к отпуску электроэнергии в сеть.

Высокая энергетическая эффективность электрических сетей, это скорее всего не только снижение потери в сетях, но и увеличение надежного и качественного электроснабжения, а также увеличение пропускной способности сетей, что обеспечивает недискриминационный доступ потребителей к сети. Всё это тесно связано между собой. Принято считать, что их комплексный учет главным образом нужен при разработке капиталоемких мероприятий по модернизации и усовершенствованию электрических сетей, прикреплению к ним новых потребителей и генерирующих источников, внедрению обновленной техники и технологий по передаче и распределению электрической энергии.

Именно при таком комплексном учете можно получить объективную оценку технико-экономической и энергетической эффективности внедрения этих мероприятий. Наглядным примером наиболее эффективного и универсального мероприятия, одновременно влияющего на все показатели, является компенсация реактивной мощности [1].

В распределительных электрических сетях 0,4-10 кВ, повышая коэффициент мощности с 0,8-0,85 до 0,93, привело бы к снижению технических потерь электрической энергии в этих сетях на 25-35 процентов, или на 10-15 процентов от суммарных потерь со сроком окупаемости 1-5 лет [2].

В наше время потери электрической энергии считают с помощью экономики и не соотносят с техническими причинами, порождающими эти потери. Высокая эффективность потребления энергетических ресурсов в корне связана с будущими условиями пользования энергосберегающей техники. В основе этого подхода является экономия, то есть, когда устройство, измеряющее расход электрической энергии, показывает минимальную величину. Причина высоких потерь электроэнергии в линиях, во внутридомовых сетях и трансформаторах остается неизменной, поэтому употребление энергоэффективной техники не поможет в проблеме сократить потери. К сожалению это приведёт к их росту и искажению информации об учете электрической энергии и измерительных трансформаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсейчук, В. Компенсация реактивной мощности. К вопросу о технико-экономической целесообразности / В. Овсейчук, Г. Трофимов, А. Кац [и др.]. – Текст : электронный // Новости электротехники. – 2008. – № 4 (52). – URL : <http://news.elteh.ru/arh/2008/52/08.php> (дата обращения : 14.10.2019)

2. Воронин, В. Направления развития системы регулирования напряжением и реактивной мощности в ЕНЭС / В. Воронин, М. Гаджиев. – Текст : непосредственный // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2012. – № 2 (11). – С. 40-47.

УДК 53.06

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА РАНКА-ХИЛША В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Филимоненко А. В., бакалавр, FallonAlexxx@gmail.com
г. Томск, Томский политехнический университет

Аннотация: В данной работе был предложен метод применения вихревой трубки в газовой отрасли. Рассмотрен вариант применения вихревой трубки в совокупности с турбодетандором на газораспределительной станции. Была сконструирована рабочая модель, демонстрирующая вихревой эффект. Рабочая модель оснащена датчиками температуры.

Цель работы: исследование варианта применения вихревой трубки в газовой отрасли.
Итог работы: была собрана рабочая модель вихревой трубки, предложен новый, ранее нигде не предложенный, способ применения вихревого эффекта в газовой отрасли.

Ключевые слова: вихревая труба, вихревой эффект, Хилш.

Суть вихревого эффекта заключается в подаче сжатого газа в трубку особой конструкции и разделении воздуха на 2 потока: горячий и холодный. Чем выше давление газа на входе, тем сильнее отличаются температуры потоков. В системе газопровода часто приходится трансформировать энергию газа в электричество для осуществления энергонезависимости ГРС (газораспределительной станции) или обеспечения энергией близлежащих поселков. Самый распространенный метод – пропуск газа через турбодетандер. Сегодня на газораспределительных станциях (ГРС) именно для понижения давления применяют в основном редуцирующие устройства, при этом энергия сжатого газа расходуется впустую. Она не совершает никакой полезной работы. Если же применять на ГРС турбодетандерные(ТД) генераторные установки, в этом случае ГРС является одновременно и источником электрической энергии. Перед подачей газа в ТД его необходимо подогреть. Для подогрева обычно используют котельные, то есть греют газ за счет сжигания части газа. Данный метод приводит к потере сырья, загрязнению атмосферы и нуждается в постройке котельной. Для подогрева газа перед подачей в ТД можно использовать вихревой эффект. Это не требует сжигания топлива, подогрев происходит за счет избыточного давления газа.

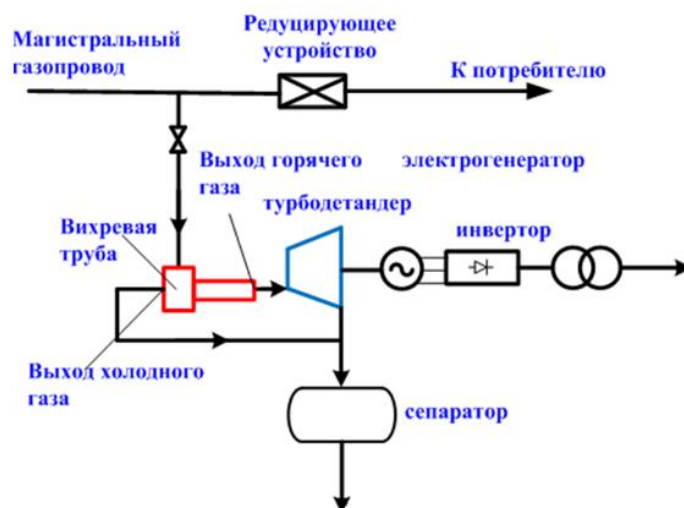


Рис. 1. Технологическая схема ГРС с ТД и вихревым эффектом

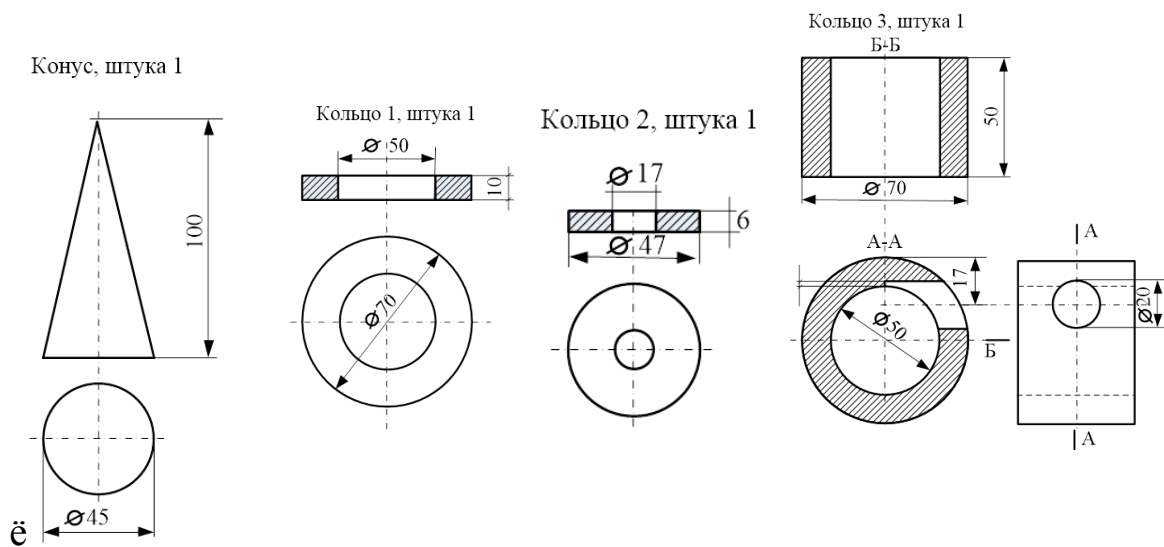


Рис. 2 Размеры деталей вихревой трубы

Составлена технологическая схема ГРС с ТД и вихревым эффектом «Рис. 1» Часть газа проходит через редуцирующие устройства, а другая часть – через ТД, вырабатывая электрическую энергию. Размеры деталей вихревой трубы, Рис. 2. Труба в собранном виде Рис. 3 – 4.

В отличие от существующих видов применений вихревой трубы в заводской промышленности, где используется только холодный выход для охлаждения объектов, данный метод имеет применение двух выходов. Отдавший свою энергию, охлажденный газ требует меньше усилий для дальнейшего сжижения, что делает его перспективным сырьем для СПГ станции.

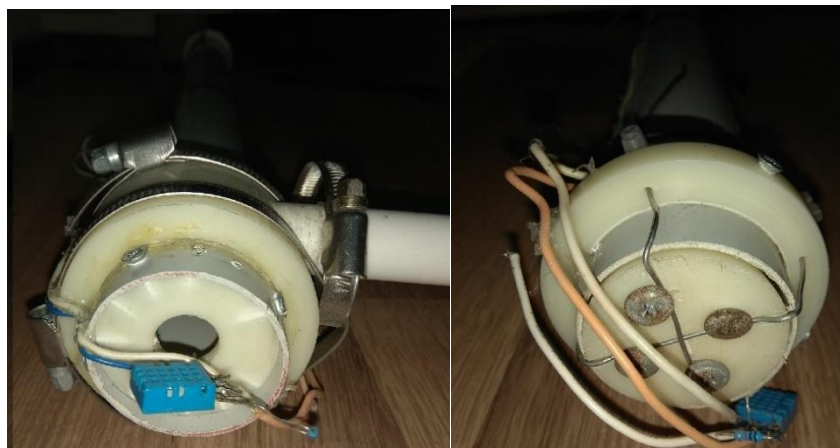


Рис. 3. Вид слева и справа



Рис. 4. Общий вид трубы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркулов, А. П. Вихревой эффект и его применение в технике / А. П. Меркулов. - Москва : Машиностроение, 1966. – 185 с. – Текст : непосредственный.
2. Уокер, Дж. Физический фейерверк / Дж. Уокер. - Москва : Мир, 1989. – 299 с. - Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Шестакова В. В.

УДК 620.93

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДАЛЕННЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КУСТОВЫХ ПЛОЩАДОК

Хамитов Р. Н.¹, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Электрическая техника», apple_27@mail.ru

Васильков В. И.², магистрант, vasilkov.valera@mail.ru

¹г. Омск, Омский государственный технический университет

²г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. На данный момент для объектов электроэнергетики промышленных предприятий приобретает значимость повышение энергоэффективности и достижение целевых показателей, определенных согласно Постановления Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. N 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности». Целью работы является обзор и выбор устройств компенсации реактивной мощности с целью снижения потребления реактивной мощности и токов по вводным линиям.

Ключевые слова: энергоэффективность, кустовые площадки, компенсация реактивной мощности, удельное энергопотребление, батареи статических конденсаторов.

На данный момент определяющим показателем в области достижения энергоэффективности является удельное энергопотребление. Основным энергоресурсом, который затрачивается в нефтедобыче, является электрическая энергия. На всех кустах скважин присутствует двигательное оборудование, которое при пусках вносит значительные пусковые токи и для работы которого необходимо значительное количество реактивной мощности. Поэтому на данный момент актуальность приобретают технические мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности системы электроснабжения удаленных перспективных кустовых площадок [1, 2].

Поскольку все нефтяные месторождения и кустовые площадки содержат двигательную нагрузку, целесообразно рассмотреть внедрение устройств компенсации реактивной мощности. Сначала необходимо определиться с видом устройства компенсации реактивной мощности. На данный момент известны следующие виды компенсации реактивной мощности: индивидуальная, групповая, централизованная. В таблице 1 приведен выбор вида компенсации реактивной мощности [3, 4].

Таблица 1

Вид компенсации реактивной мощности

Название	Краткое описание	Целесообразность применения
Индивидуальная	Компенсирующее устройство подключается к мощному потребителю реактивной мощности.	Происходит разгрузка линии к каждому конкретному потребителю. Зачастую является дорогим решением.
Групповая	Подключение одного компенсирующего устройства к нескольким потребителям или к их группе	Происходит разгрузка линии к группе потребителей.
Централизованная	Подключение одного общего компенсирующего устройства в распределительном щите.	Неэффективен для протяженных линий и зачастую наиболее дешевый способ.

На основании сравнения произведен выбор индивидуальной компенсации реактивной мощности, потому что на нефтяных месторождениях ВЛ имеют значительную протяженность и именно выбор индивидуальной компенсации реактивной мощности позволяет их разгрузить за счет выработки реактивной мощности вблизи ее потребления (куста скважин). Рассмотрим основные технические устройства, применяемые в компенсации реактивной мощности: батареи статических конденсаторов (БСК), синхронные компенсаторы (СК) и синхронные двигатели (СД) [5, 6, 7].

Таблица 2

Технические устройства, применяемые для компенсации реактивной мощности			
Параметр	БСК	СК	СД
1	2	3	4
Срок службы	10-15 лет	10-15 лет	15-20 лет
Система включения	Простая	Средняя	Сложная
Конструкция	Простая (без вращающихся частей), легкое обслуживание	Синхронный двигатель, не несет активной нагрузки на валу	Сложная (статор и ротор, обмотка возбуждения)
Регулирование РМ	Ступенчатое	Плавное	Плавное
Чувствительность к высшим гармоникам	Высокая чувствительность	Средняя чувствительна	Менее чувствительна
Цена	Дешевая	Дорогая	Очень дорогая

Таким образом, синхронные двигатели отдельно устанавливать дорого и экономически неоправданно, поэтому для реализации задачи компенсации реактивной мощности рекомендуется использовать конденсаторные установки типа БСК - 6кВ или УКРМ из конденсаторов с микропроцессорными ступенями регулирования взрывозащищенного исполнения. Для конкретного случая решение о внедрении устройства компенсации реактивной мощности принимается на основании желаемого коэффициента реактивной мощности, который определяется для напряжения сети согласно приказу Министерства энергетики РФ от 23 июня 2015 г. N 380.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галяутдинов, И. М. Оценка экономического потенциала проектов разработки нефтяных месторождений на поздней стадии за счет повышения энергоэффективности / И. М. Галяутдинов, О. С. Краснов. – Текст : непосредственный // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2016. - Т. 11. - № 1. - С. 4.

2. Семисынов, Р. А. Анализ потерь энергии в технологических элементах установок скважинных нефтедобывающих насосов / Р. А. Семисынов, Е. С. Киселев, М. И. Хакимьянов. – Текст : электронный // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. - 2015. - № 6. – URL : http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/6_2015/ogbus_6_2015_p179-198_SemisynovRA_ru_en.pdf (дата обращения: 04.10.2019).

3. Меньшов, Б. Г. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности : учебник для вузов / Б. Г. Меньшов, М. С. Ершов, А. Д. Яризов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : ОАО Недр, 2008. – 487 с. – Текст : непосредственный.

4. Повышение эффективности одновременно-раздельной эксплуатации скважин установками штангового и электроцентробежного насосов /

Р. Н. Бахтизин, К. Р. Уразаков, Р. В. Усманов, Ф. Ф. Давлетшин. – Текст : непосредственный // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. - 2018. - № 6 (116). - С. 28-41.

6. Ракутько, С. В. Компенсация реактивной мощности как способ снижения энергоемкости энергетической системы потребителя / С. В. Ракутько. – Текст : непосредственный // Вестник Мурманского государственного технического университета. - 2009. - № 2. - С. 297-299.

7. Башкатова, Ю. В. Реактивная мощность и средства ее компенсации / Ю. В. Башкатова, А. П. Кондратенко. – Текст : непосредственный // Образование, наука, производство. – Белгород, 2015. - С. 2901-2904.

8. Балабанов, М. С. Анализ программных комплексов, применяемых при проектировании FACTS устройств / М. С. Балабанов, Р. Н. Хамитов. – Текст : непосредственный // Информационные технологии в проектировании и производстве. - 2014. - № 4 (156). - С. 23-28.

УДК 537.315

ПРОВАЛЫ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Хамитов Р. Н.¹, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Электрическая техника», apple_27@mail.ru

Соловьева Е. С.², магистрант, solovyeva.elena97@mail.ru

¹г. Омск, Омский государственный технический университет

²г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье обозначен объективный фактор низкого качества электроэнергии – провал напряжения. Произведен обзор проблемы провалов напряжения: приведена статистика появления провалов напряжения, а также причины их появления в системах электроснабжения промышленных предприятий. Определены два класса решений проблемы поддержания уровня напряжения в допустимых пределах, и приведены возможные способы устранения провалов напряжения.

Ключевые слова: качество электроэнергии, провал напряжения, прогноз провалов напряжения, система электроснабжения.

Причины низкого качества электрической энергии. В условиях интенсивного развития электрических сетей обеспечение устойчивой бесперебойной работы промышленных электропотребителей стало одной из важнейших задач. Для этого необходимо поддерживать уровень напряжения в узлах сети в допустимых пределах.

Значение напряжения и его отклонение от номинального значения являются показателями качества электроэнергии (КЭ). По данным комитета по стандартизации в области электромагнитной совместимости, из 150 крупных промышленных потребителей в различных регионах России 30% потребителей связывают выход из строя электрооборудования с некачественной электроэнергией [1]. Существует два мнения о причинах низкого КЭ: низкая квалификация персонала, ответственного за КЭ, и недостаточные технические возможности сетевых компаний, либо сложные технологические процессы предприятий и их автоматизация, являющиеся причиной кратковременных перебоев в их электроснабжении.

Не все предприятия имеют специализированные приборы для отслеживания показателей КЭ, поэтому определение причины нарушения работы электрооборудования для них может составлять непростую задачу. Лишь менее 10% всех остановов производственных процессов, относящихся к электроэнергии, происходят из-за возникновения перерывов в электроснабжении, а остальные 90% – по причине возникновения отклонений и провалов напряжения [2]. Именно поэтому провалы напряжения (ПН) представляют наибольшую опасность для стабильной работы промышленного электрооборудования, так как имеют большую вероятность возникновения.

Провал напряжения и причины его появления. Согласно действующему ГОСТ 32144-2013, провал напряжения – это временное уменьшение напряжения в конкретной точке электрической системы ниже установленного порогового значения. Пороговое минимальное значение отклонения напряжения трехфазной сети принимают равным $0,9U_{ном}$, а максимальное $1,1U_{ном}$.

Провал напряжения – довольно частое явление. В ГОСТ 32144-2013 приведена следующая статистика: в кабельных и смешанных (кабельных и воздушных) электрических сетях наиболее распространены ПН глубиной до 30% и длительностью до 100 мс. В смешанных сетях ПН глубиной в 100% и длительностью до 1 с так же возникают чаще других.

К причинам появления ПН в сети относятся неисправности в электроустановках потребителей, возникновение короткого замыкания и его окончание, а также подключение мощной нагрузки к сети. В последнем случае происходит резкое возрастание тока в системе или электроустановке и, соответственно, падение напряжения, так как подаваемая мощность должна оставаться неизменной. Такая ситуация характерна для прямого пуска мощного электродвигателя.

Способы устранения провалов напряжения. Можно выделить два класса решений проблемы возникновения ПН: первый – устранение ПН ресурсами сетевой организации, второй – собственными силами потребителя электроэнергии.

Технические решения, относящиеся к первому классу, связаны с необходимостью установки дополнительного оборудования в сетях питающей энергосистемы, такого как статические компенсаторы, динамические компенсаторы искажений напряжения, батареи статических конденсаторов, пункты автоматического регулирования напряжения, вольтдобавочные трансформаторы и пр.

Среди технических решений, которые можно отнести ко второму классу, стоит выделить решения, предложенные авторами статьи [3], как наиболее эффективные:

1. Деление внутривыпускных сетей электроснабжения на независимые контуры, связанные через сети внешней энергосистемы;
2. Непосредственное подключение ответственных потребителей на генераторное напряжение 6–10 кВ собственных станций малой мощности;
3. Использование автономного генератора или ИБП как независимого источника электроснабжения;
4. Преодоление провалов напряжения силами электропривода, в частности, путём введения в его состав активного выпрямителя.

Перечисленные решения вполне допустимы, однако, выбор того или иного способа требует тщательного анализа и технико-экономического обоснования. Уже сегодня существует ряд патентов российских исследователей, направленных на решение проблемы ПН [4, 5].

Анализ данных статистики и литературных источников показал необходимость исследования проблемы устранения ПН и разработки наиболее эффективных стратегий снижения влияния ПН на работу ответственных электропотребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов, А. Н. Устранение провалов напряжения в электрических сетях промышленных предприятий / А. Н. Попов. – Текст : непосредственный // Ползуновский вестник. - 2013. - № 4-2. - С. 163-167.
2. Попов, А. Н. Микропроцессорная система управления стабилизатором напряжения / А. Н. Попов. – Текст : непосредственный // Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса. - 2018. - № 1. - С. 94-96.
3. Способы повышения устойчивости электроприводов непрерывных производств при провалах напряжения / Т. Р. Храмшин, Г. П. Корнилов, Д. С. Крубцов [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия “Энергетика”. – 2014. – № 2. – С. 80-87.
4. Пат. 2393611 Российская Федерация, МПК H02J9/06 H02H 3/06. Устройство динамического восстановления провалов напряжения : № 2009116972/09 : заявл. 04.05.2009 : опубл. 27.06.2010 / Шпиганович А. Н.,

Шпиганович А. А., Захаров К. Д., Зацепина В. И., Зацепин Е. П., Шилов И. Г. : патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Липецкий Государственный Технический университет (ЛГТУ). – Текст : непосредственный.

5. Пат. 2290730 Российская Федерация, МПК Н02J9/06. Устройство защиты потребителей электроэнергии от кратковременных провалов напряжения : № 2005115386/09 : заявл. 20.05.2005 : опубл. 27.12.2006 / Шпиганович А. Н., Шляхов Н. А., Захаров К. Д., Зацепин Е. П., Бош В. И. : патентообладатель Липецкий государственный технический университет (ЛГТУ). – Текст : непосредственный.

УДК 004.75

ВОЗМОЖНОСТИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Чалков А. С., магистрант, chalkovas@gmail.com
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены возможности использования «интернета вещей» в распределительных электрических сетях в качестве основы для построения систем управления и диагностики. В работе предпринята попытка анализа проблем и перспектив, связанных с внедрением «интернета вещей», на основании опыта российских и зарубежных энергетических компаний, активно внедряющих цифровые технологии.

Ключевые слова: электроэнергетика, интернет вещей, цифровизация.

В связи с современными тенденциями развития электроэнергетической отрасли в Российской Федерации, в том числе и в сфере оцифровывания технологических процессов электроэнергетики, в Российской Федерации проходит государственная программа по обустройству цифровой экономики и промышленности. Согласно «Концепции Цифровой Трансформации 2030» [1], выпущенной ПАО «Россети», одной из концепций по введению цифровых технологий Индустрии 4.0 является «интернет вещей».

«Интернет вещей» (англ. «IoT» – «Internet of Things») – это концепция вычислительной сети, построенной на физических предметах (вещах), оснащённых встроенными в них технологиями и средствами для взаимодействия и общения между собой или с внешней средой. Принцип её действия основан на том, что все электроприборы, подключенные к общей сети, или находящиеся на одной территории, могут собирать и перенаправлять данные о процессах, проходящих в этой сети или на этой территории.

«Вещами» в «интернете вещей» могут выступать все электрические и электронные приборы: бытовая техника (чайники, СВЧ-печи, электроплиты и т.д.), офисная техника (персональные компьютеры, серверы, принтеры и МФУ), оснащённые специальными модемами для общения друг с другом, а также датчиками, собирающими информацию о состоянии окружающей среды и происходящих вокруг процессах. Говоря об энергосистемах, «интернет вещей» может предложить продвинутую связь разнородных объектов для организации единой системы [2].

По прогнозам аналитиков компании PwC кумулятивный эффект от внедрения «интернета вещей» в различных отраслях экономики России к 2025 г. должен составить 2,8 трлн. руб. (рис.1), причем значительная доля эффекта приходится именно на электроэнергетику [3].



Рис.1. Диаграмма финансового кумулятивного эффекта от внедрения «интернета вещей» в отрасли экономики России

Исходя из этого, использование «интернета вещей» в современных автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) позволит снизить капитальные и операционные затраты электросетевых компаний на сбор и реализацию данных от удалённых сетей и приборов, что приведёт значительно увеличить прибыль, а также качественно увеличить объёмы собираемых данных. Однако, в текущих условиях централизованной электроэнергетической системы, введение «Интернета вещей» может оказаться затруднительным, потому что в централизованной системе сложно реализовать распределённое управление при помощи «интернета вещей».

В этом случае может помочь децентрализация энергосистемы. «Интернет энергии» (англ. «Internet of Distributed Energy Architecture (IDEA)») является разновидностью «интернета вещей», основанный не только на

взаимодействии «вещей», но и на взаимодействии между поставщиком и потребителями электроэнергии через систему транзакций (минимальных логических операций между потребителями и поставщиками электроэнергии) [4].

Как следствие из всего вышесказанного, создание и рост «интернета вещей» - объективный процесс, являющийся следствием технического прогресса, и желательно использовать все открывающиеся при этом возможности по максимуму. На данный момент уже разработаны концепции и мероприятия по внедрению цифровых технологий в промышленные области, и «интернет вещей» является одной из таких концепций. «Интернет вещей», применённый в электроэнергетической отрасли, сможет не только снизить затраты компаний на сбор и реализацию данных для АСУ ТП, но и в некоторой мере поможет в специализированных системах, направленных на обнаружение и устранение возможных неисправностей, возникающих в распределительных сетях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция «Цифровая трансформация 2030». – Текст : электронный // ПАО «Россети» : [сайт]. – URL : https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения 14.11.2019).

2. Shakerighadi B. Internet of Things for Modern Energy Systems: State-of-the-Art, Challenges, and Open Issues / B. Shakerighadi, A. Anvari-Moghaddam, J. C. Vasquez, J. M. Guerrero. – Text : electronic // Energies. – 2018. – № 11. – URL : https://www.researchgate.net/publication/325129909_Internet_of_Things_for_Modern_Energy_Systems_State-of-the-Art_Challenges_and_Open_Issues (date of the application 14.11.2019).

3. «Промышленный интернет вещей (IIoT) : технология будущего, доступная уже сейчас. – Текст : электронный // PwC в России : [сайт]. – URL : <https://www.pwc.ru/ru/events/assets/iiot-seminar-all-presentations.pdf> (дата обращения 14.11.2019).

4. IDEA – Internet of Distributed Energy Architecture : [сайт]. – URL : <https://www.idea-go.tech> (дата обращения 14.11.2019). – Текст : электронный.

СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРООБОГРЕВА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ. РАЗВИТИЕ И ОСОБЕННОСТИ

Чертков А. Ю., магистрант, achertkov97@bk.ru

Новоселова М. В., магистрант, margarita.novoselova2017@yandex.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрены используемые в настоящее время системы электрообогрева (СЭО) магистральных трубопроводов. Проанализированы характерные особенности конструкции и область применения различных СЭО, по результатам анализа составлена таблица. Также выявлены основные проблемы электроснабжения систем электрообогрева.

Ключевые слова: системы электрообогрева, магистральный нефтепровод, кабели постоянной мощности, саморегулирующиеся кабели, скин-системы.

Активное развитие новых газовых и нефтяных месторождений, строительство перерабатывающих комплексов и трубопроводных сетей в северных районах Российской Федерации непосредственно влечет за собой развитие зарубежного и отечественного рынков промышленного электрообогрева. Добыча, переработка, транспортировка, хранение в условиях российского климата выявили необходимость подогрева магистральных трубопроводов, резервуарных парков, технологических установок и других объектов. Обеспечение бесперебойного круглогодичного функционирования месторождений и трубопроводов возможна при наличии системы электрообогрева (СЭО) [1].

Свою историю развития промышленные системы электрообогрева на объектах нефтяной и газовой промышленности начали с систем, в которых в качестве теплоносителя применялась вода и водяной пар. С 60-х годов XX века системы обогрева паром отошли на второй план, уступив лидирующие позиции системам обогрева с использованием электрических нагревательных кабелей. Такие системы зарекомендовали себя в нефтегазовой отрасли как наиболее эффективные и надежные. В настоящее время на рынке СОЭ инжиниринговыми компаниями предлагаются различные решения по обеспечению электрообогрева трубопроводов и технологического оборудования, наиболее популярные из них:

1. Системы на основе кабелей постоянной мощности (резистивные);
2. Индукционные системы;
3. Системы на основе саморегулирующихся кабелей.

Принцип работы резистивных нагревательных кабелей постоянной мощности основан преобразовании электрической энергии в тепловую,

выделении тепла вследствие прохождения по проводнику электрического тока.

Индукционные системы включают в себя такие типы электрообогрева как индукционно-резистивный («скин-системы» и индукционный при помощи ферромагнитных теплоспутников, (система электрообогрева вихревыми токами) [3, 4, 5].

Индукционно-резистивные СЭО (скин-системы) предполагают прокладку стальной трубки с термостойким изолированным проводом внутри в непосредственном примыкании к трубопроводу. Нагрев стальной ферромагнитной трубки осуществляется за счет тепла, выделяющегося от протекающего в ней тока обратного направления и индукционного нагрева трубы в переменном электромагнитном поле, созданном прямым током проводника, т.е. за счет комбинированного индукционно-резистивного нагрева.

Системы на основе саморегулирующихся кабелей (СРК) занимают лидирующее положение среди перечисленных видов СЭО [2, 6]. В качестве нагревательного элемента в таких кабелях выступает проводящий полимерный материал, характеризующийся сильной зависимостью сопротивления от температуры. Такая особенность материала дает возможность саморегулирования – способность изменения уровня тепловыделения локально.

Описанные выше системы электрообогрева нашли широкое применение в транспорте нефтепродуктов. При этом каждая система СЭО имеет определенные технические особенности, достоинства и недостатки.

С точки зрения электроснабжения системы промышленного электрообогрева также имеют ряд особенностей.

Во-первых, активное развитие нефтяной и газовой промышленности привело к увеличению доли электрических нагрузок СЭО в суммарных электрических нагрузках производства. [7] Поэтому их обоснованный учет необходим уже на начальной стадии предпроектной проработки решений по электроснабжению предприятия. При этом, основополагающим фактором, влияющим на электрические нагрузки системы промышленного электрообогрева магистральных трубопроводов, является длина его надземной части.

Во-вторых, электрообогрев трубопроводов, как правило, часто представляет собой одно- или двухфазную нагрузку. С учетом того, что СЭО составляют значительную часть потребляемой мощности, эффективное выравнивание нагрузки по фазам питающей сети является актуальной проблемой. На сегодняшний день существуют разные варианты электрооборудования, обеспечивающие подключение одно- или двухфазных нагрузок к трехфазной сети, например, с использованием трансформаторов Скотта, схемы Штейнметца и др. [3, 9]. В некоторых источниках предлагается рассмотреть применение для питания скин-систем частотных преобразовате-

лей. [8] По мнению авторов необходимо оценить техническое и экономическое обоснование такого решения. Применение частотных преобразователей может обеспечить симметрирование нагрузок по фазам, а также позволит гибко управлять скин-системой электрообогрева.

Таким образом, на сегодняшний день вопросы симметрирования нагрузки индукционно-резистивного электрообогрева остаются открытыми. В частности, необходимо более подробное изучение вопроса устойчивости работы систем электроснабжения с симметрирующими комплексами и емкостном характере нагрузки на входе этих комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Струпинский, М. Л. Проектирование и эксплуатация систем электрического обогрева в нефтегазовой отрасли / М. Л. Струпинский, Н. Н. Хренков, А. Б. Кувалдин. – Москва : Инфра-Инженерия, 2015 - 272 с. – Текст : непосредственный.

2. Струпинский, М. Л. Научные исследования, разработка, организация производства и внедрение системы индукционно-резистивного обогрева длинных и сверхдлинных трубопроводов / М. Л. Струпинский, Н. Н. Хренков, А. Б. Кувалдин. – Текст : электронный // Промышленный электрообогрев и электроотопление. – 2015. – № 1. – URL : https://www.e-heating.ru/content/files/sst_skin_history_1_2015.pdf (дата обращения: 28.09.2019).

3. Чердынцев, Е. Обогреваемый трубопровод. Альтернатива импортным технологиям в условиях санкций запада / Е. Чердынцев, В. Балабанов. – Текст : непосредственный // Нефтегазовая вертикаль. – 2014. – № 20. – С. 20-23.

4. Пат. 154343 Российская Федерация, МПК H05B6/06. Устройство для электрического подогрева технологических объектов вихревыми токами : № 2015102482/07 : заявл. 26.01.2015 : опубл. 20.08.2015 / Копырин В. А., Костоломов Е. М., Копырин С. А. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский индустриальный ун-т» (ТИУ). – Текст : непосредственный.

5. Пат. 175632 Российская Федерация, МПК H05B6/10. Устройство для индукционно-резистивного нагрева теплоспутников : № 2016143852 : заявл. 08.11.2016 : опубл. 13.12.2017 : Бюл. №35 / Костоломов Е. М., Паутов Д. Н. ; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Научно-технический центр «Интерм» (ООО НТЦ «Интерм»). – Текст : непосредственный.

6. Вергун, С. П. Проблемы систем симметрирования однофазных нагрузок индукционного электрообогрева / С. П. Вергун, В. А. Вологжин, М. О. Мансуров. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инно-

вационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Национальной с междунар. участием науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов, посвященной 10-летию создания Института промышленных технологий и инжиниринга. – Тюмень, 2018. – С. 271-274.

7. Андреева Ю. Н. Исследование температурных характеристик саморегулирующихся нагревательных кабелей / Ю. Н. Андреева, О. Г. Денисенко, Е. М. Костоломов, Д. Н. Паутов. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов. – Тюмень, 2016. – С. 303-307.

8. Фрайштетер, В. П. Электрические нагрузки и электропотребление систем электрообогрева трубопроводов на нефтяных промыслах северных районов Сибири / В. П. Фрайштетер, Р. А. Кудряшов. – Текст : электронный // Промышленный электрообогрев и электроотопление. – 2015. – № 3-4. – URL : https://www.e-heating.ru/content/files/fraishteter,_kudryashov_3-4,2015.pdf (дата обращения: 01.10.2019).

9. Струпинский, М. Л. Саморегулирующиеся кабели отечественного производства – ключевой элемент систем электрообогрева в нефтегазовом комплексе / М. Л. Струпинский. – Текст : электронный // Наука и техника. – 2017. – № 3. – URL : <https://sstprom.ru/upload/content/articles/oilgas-article.pdf> (дата обращения: 28.09.2019).

УДК 621.31

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шеломенцев В. А., ассистент-стажер, shelomentsevva@tyuiu.ru

Орлов В. С., ст. преподаватель, orlov.vs@mail.ru

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности электроэнергетических систем. Приведены оценки энергопотребления в различных секторах экономики, обзор государственной политики в сфере энергосбережения, описаны современные тенденции развития электроэнергетики. Предложено техническое решение, обеспечивающее повышение надежности и снижение эксплуатационных расходов при выработке электрической энергии.

Ключевые слова. Умные сети электроснабжения, Энерджинет, распределенная генерация, энергосбережение, надежность.

На сегодняшний день одной из важнейших задач каждого государства является энергосбережение, так как оно оказывает прямое влияние на экономику и уровень жизни населения. Американский совет по энергоэффективной экономике составил рейтинг энергоэффективности экономик стран мира [1], где основными критериями для составления рейтинга являлись: государственная политика в области повышения энергетической эффективности; энергоэффективность в промышленности, строительстве, транспорте. Результаты исследования по представленным критериям для России – 36% («высокий» уровень энергопотребления в жилом секторе и «умеренно высокий» для коммерческих помещений), также были положительны оценены меры государственной политики в России в сторону повышения энергоэффективности [2].

В 2009 году в Российской Федерации вводится ФЗ-261 "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ", основными положениями которого являются: запрет на оборот энергорасточительных товаров; ограничения на оборот ламп накаливания; маркировка товаров по энергоэффективности; требования по переходу на расчеты за энергоресурсы по приборам учета; требования по энергоэффективности к новым зданиям, строениям, сооружениям; требования к содержанию общего имущества многоквартирных домов; рекомендации к садоводческим, огородническим и дачным объединениям [3].

2014 год знаменуется утверждением государственной программы Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики". Главной концепцией данной программы является стремление к повышению надежности обеспечения страны топливно-энергетическими ресурсами, их эффективное использование и снижение негативного влияния топливно-энергетического комплекса на окружающую среду [4].

Сейчас происходит популяризация инновационной технологической политики по интеллектуализации систем электроснабжения. Это направление получило название «Умные сети электроснабжения» (Smart Grid). Основа этой технологии – построение автоматизированной системы управления, эффективно распределяющей электрическую энергию между потребителями на базе информации, полученной от всех объектов системы и промежуточных элементов сетей, тем самым обеспечивая стабильность энергосети с точки зрения оценки напряжения [5]. Актуальность данной концепции в России связана непосредственно с расширением сектора альтернативной энергетики, так как несмотря на преимущества возобновляемых источников энергии имеется ряд недостатков, один из которых это отсутствие постоянной выдачи электроэнергии со стороны ветряных и сол-

нечных электростанций. Умные сети электроснабжения могут решить эту проблему путем обеспечения двустороннего потока электрической энергии и информации между электрическими станциями и потребителями.

Проблематика энергоэффективности и поиск путей решения в 2016 году формируют «Дорожную карту» национальной технологической инициативы «Энерджинет», вектор которой направлен на развитие отечественных комплексных систем и сервисов интеллектуальной энергетики и обеспечение лидерства российских компаний на новых высокотехнологичных рынках мировой «энергетики будущего» в ближайшие 15-20 лет [6].

Одним из перспективных направлений рационального использования топливных ресурсов и повышения надежности электроснабжения в рамках научно-технических инициатив является использование энергетических установок для децентрализованной комбинированной генерации электрической и тепловой энергии, к примеру, на базе мини-ТЭЦ – когенерационных установок электрической мощностью до 10 МВт [7].

Спектр выбора приводного теплового двигателя для мини-ТЭЦ достаточно широк, но в качестве электрических генераторов на практике используются синхронные генераторы (СГ), альтернативы которым практически нет, аналогичная ситуация происходит с генераторным оборудованием уже для мощных ТЭЦ централизованной энергетики [8]. Стоит отметить, что асинхронный генератор (АГ), который в бесконтактном исполнении является конструктивно простой и достаточно надежной электрической машиной, чье широкое использование долгое время сдерживало отсутствие малогабаритных конденсаторов для возбуждения генератора и компенсации реактивной мощности нагрузки, а также сложность стабилизации напряжения. Совершенствование элементной базы конденсаторов (снижение их габаритов и стоимости) и развитие полупроводниковой техники, используемой в устройствах стабилизации напряжения создают привлекательные условия для применения АГ с конденсаторным возбуждением в качестве источников электрической энергии [9].

В условиях электроснабжения с несколькими генераторными агрегатами есть возможность совместного использования СГ и АГ с целью повышения надежности работы всей электрической станции и маневренности при изменениях нагрузки. Осуществляться она может в виде параллельной работы синхронных и асинхронных генераторных установок. При этом синхронная машина обеспечит базу генерации реактивной мощности для поддержания частоты в узле электроэнергетической системы, а асинхронная машина, обладающая большей перегрузочной способностью, позволит предотвратить снижение напряжения в ненормальных режимах работы [10,11].

Такое решение будет иметь лучшие технико-экономические показатели в сравнении с параллельно работающими СГ сопоставимой мощности, так как часть установленной мощности в системе с АГ и СГ будет

приходиться на асинхронные машины, отличающиеся от синхронных той же мощности простотой конструкции и низкой стоимостью [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The ACEEE, International Energy Efficiency Scorecard. – URL : <http://aceee.org> (date of the application 14.11.2019). – Text : electronic.

2. Гаврилова, А. А. Повышение энергоэффективности в России: внедрение интеллектуальной сети электроснабжения Smart Grid / А. А. Гаврилова. – Текст : электронный // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2018. – № 3. – С. 118-121. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=36742088> (дата обращения: 14.11.2019).

3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. – Текст : электронный // Информационно-правовая система «Консультант Плюс» : [сайт]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 14.11.2019).

4. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие энергетики»: постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 321 (ред. от 28.03.2019). – Текст : электронный // Информационно-правовая система «Консультант Плюс» : [сайт]. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162194/ (дата обращения 14.11.2019).

5. Гаврилович, Е. В. «Умные сети» Smart Grid – перспективное будущее энергетической отрасли России / Е. В. Гаврилович. – Текст : электронный // Молодой ученый. – 2016. – № 28-2. – С. 55–59. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=27535570> (дата обращения: 14.11.2019).

6. «Дорожная карта» «Энерджинет» национальной технологической инициативы – Текст : электронный // Министерство энергетики Российской Федерации : [сайт]. – URL : <https://minenergo.gov.ru/node/8916> (дата обращения: 14.11.2019).

7. CHP sector electricity small-scale, medium, largescale generation : англо-русский энергетический словарь : в 2 томах / А.С. Гольдберг ; под общей редакцией Г. Г. Ольховского. – Москва : РУССО, 2006. – 1 т. – 592 с. - Текст : непосредственный.

8. Трохин, И. С. Асинхронный генератор на мини-ТЭЦ: наука для практики / И. С. Трохин. – Текст : электронный // Энергия : экономика, техника, экология. – 2017. – № 4. – С. 45–47. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=29322619> (дата обращения: 14.11.2019).

9. Вишневецкий, Л. В. Сравнение автономных электроэнергетических установок с синхронными и асинхронными генераторами / Л. В. Вишневецкий.

ский. – Текст : электронный // Электротехнические и компьютерные системы. – 2010. – № 75. – С. 75–78. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=16399953> (дата обращения: 14.11.2019).

10. Алюшин, Г. Н. Асинхронные генераторы повышенной частоты / Г. Н. Алюшин, Н. Д. Торопцев. – Москва : Машиностроение, 1974. – 352 с. Текст : непосредственный.

11. Торопцев, Н. Д. Асинхронные генераторы автономных систем / Н. Д. Торопцев. – Москва : Знак, 1998. – 288 с. – Текст : непосредственный.

УДК 658.26

НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПОСТРОЕНИЯ КОМПАКТНЫХ ОРУ-35

Шемшурина С. А.¹, канд. пед. наук, доцент кафедры ТТГК, 77365@bk.ru
Шемшурин А. А.², главный инженер, shemshurin@rambler.ru

¹г. Ноябрьск, филиал Тюменского индустриального университета

²г. Когалым, СЦ «Когалымэнергонепфть»

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы новые подходы в построении компактных ОРУ-35. Рассматриваются вопросы применения вакуумного реклоузера SMART35 производства Таврида Электрик.

Ключевые слова: трансформаторные подстанции, блоки высокой заводской готовности.

Распределительные сети 35 кВ на сегодняшний день самые распространенные на предприятиях нефтегазового сектора.

Подобная популярность обусловлена следующими важными преимуществами: меньшие потери электроэнергии и более высокая надежность.

Трансформаторные подстанции 35 кВ в двух конструктивных исполнениях.

В первом случае оборудование располагается на рамных конструкциях, стандартных блоках высокой заводской готовности (БВЗГ).

Практика эксплуатации БВЗГ показала, что расположение оборудования на блоке, а в частности разъединителя и выключателя, не безопасно. В случае необходимости обслуживания выключателя 35кВ, необходимо отключить разъединитель, установленный на блоке, для организации видимого разрыва. Расстояние от разъединителя до выключателя при этом нарушает пункт ПУЭ 4.2.54 Таблица 4.2.5 пункт 4.2.8-4.2.9 «Расстояние между частями разных цепей в разных плоскостях при обслуживании одной цепи и не отключённой второй должно составлять не менее 2400мм».

В разных конструкциях БВЗГ это расстояние не превышает 1500 мм, вследствие чего возникают травмоопасные места.

Для анализа эксплуатационной практики рассмотрим применение БВЗГ в составе ПС 35/6 (10) кВ со схемой ОРУ 35кВ 5АН, и ПС 110/35/6кВ со схемой 9 с параллельным расположением секций шин.

Трансформатор собственных нужд, предохранители, ограничители перенапряжений и разъединитель установлены на одном блоке полной заводской готовности. Обслуживание ТСН или вывод в ремонт требует отключением разъединителя и включением заземлителя невозможно, поскольку не обеспечивается требуемое ПУЭ безопасное расстояние от колонок разъединителя (2400мм), на которые подано напряжение. Требуется гашение секции или применение съёмных диэлектрических ограждений. Под погашение секции подразумеваем проведения ряда коммутационных операций.

После проведения всех организационно технических мероприятий можно проводить работы на ТСН 35кВ. При этом силовой трансформатор питающийся от секции в работе загружается, как правило, под номинальное значение, а в некоторых случаях работает и в перегрузе, что негативно сказывается на его изоляции и соответственно ресурсе. Таким образом схема вывода в ремонт ТСН35кВ, влечет за собой негативное влияние на ресурс силового трансформатора.

Вывести в ремонт СВ 35кВ, обеспечив требуемые по ПУЭ безопасные расстояния до токоведущих частей находящихся под напряжением, возможно в случае погашения всей подстанции. Либо с применением специальных диэлектрических ограждений. Погашений всей ПС для вывода в ремонт секционного выключателя 35кВ может повлечь значительный простой технологических операций у потребителей.

Для вывода в ремонт выключателя трансформаторного требуется погашение всей секции. Под погашение секции подразумеваем проведения ряда коммутационных операций.

При полном погашении секции выводится из работы ТСН 35кВ. В случае возникновения события «Авария на ТСН2» вся ПС остаётся без питания цепей собственных нужд.

При проведении типовых операции по выводу в ремонт отдельных элементов ОРУ 35кВ на БВЗГ на ПС 35/6кВ схема 5АН требуется либо погашение всей секции, либо погашение всей ПС, либо гашение элементов, но с использованием специальных диэлектрических ограждений. При этом диэлектрические ограждения не являются элементами, исключают травмоопасные места.

С появлением новых материалов в электротехнике в первую очередь изоляционных, изучение глубоких физических процессов гашения дуги в вакууме позволило разработать и создать малогабаритный коммутацион-

ный модуль 35кВ. Речь идет о коммутационном модуле 35кВ, входящим в состав вакуумного реклоузера SMART35 производства Таврида Электрик.

ООО «ЛУКОЙЛ-ЭНЕРГОСЕТИ», в рамках реализации инвестиционных программ в Западно-Сибирском регионе, имеет успешный опыт применения вакуумного реклоузера SMART35 в качестве выключателя 35 кВ.

Характерные отличия *Smart35* от других типов выключателей позволили разработать решения для типовых схем подстанций 35/6 со схемами ОРУ-35 типа 4Н, 5АНА с существенным сокращением территории подстанции. Расчетные нагрузки на свайные основания за счет малой массы коммутационного модуля, с учетом особенностей геологии и климата Ханты-Мансийского автономного округа позволили разработать конструкцию установки реклоузера, а также разъединителей, трансформаторов тока и напряжения на одноопорных стойках. Такое решение способствует как снижению затрат на металлоконструкции, так и в целом сокращает стоимость строительства за счет сокращения занимаемой подстанцией территории [1]. За счет малых габаритов и веса коммутационного модуля появилась возможность переосмыслить построение ОРУ 35кВ и вернуться к забытой технологии раздельной установки оборудования на ОРУ, отказаться от сложных, громоздких, металлоемких БВЗГ 35кВ.

Встроенная система измерения токов и напряжения реклоузера позволяет в отдельных случаях отказаться от традиционного использования внешних измерительных устройств – достаточно крупногабаритных и тяжелых трансформаторов тока и напряжения, тем самым сократить общее количество элементов на ОРУ 35 кВ и повысить надежность системы в целом. Сигналы измеряемых электрических величин передаются в собственный шкаф управления, релейной защиты и автоматики, сигнализации и технического учета электрической энергии. Функциональность шкафа управления позволяет отказаться от ряда внешних защит, расширились возможности подстанции в части релейной защиты, появилась возможность идентификации однофазных замыканий на землю с чувствительностью защиты до 0,1 А. Применение 033 позволяет предотвратить развитие серьезного повреждения в трансформаторе на ранней стадии и не допустить выхода его из строя.

Масса модуля не более 150 кг позволяет полностью обойтись о грузоподъемной техники, применение которой в стесненных условиях действующих подстанций иногда технически невозможна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рождествин, О. Применение вакуумных реклоузеров SMART35 для малогабаритных подстанций 35 кВ предприятий нефтедобычи / О.

УДК 621.316

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ НА СВЕРХВЫСОКОМ КЛАССЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Яковлев В. В., магистрант, 19yakovlevvlas96@mail.ru.
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. Уже на протяжении нескольких лет в области энергетики идет обсуждение проектов по реализации цифровой подстанции в промышленность. Сама идея заключается в переходе на необслуживаемую ПС без постоянного обслуживающего персонала. Концепция ЦПС предполагает постоянный мониторинг, а также самодиагностику [1]. Обслуживающий персонал необходим лишь для контроля за состоянием самой электро-энергетической системы: ее режимов и работоспособности. Целью данного исследования является выявление существующих проблем при реализации цифровой подстанции на сверхвысоком классе напряжения и анализ возможных путей решения.

Ключевые слова: цифровая подстанция, электронно-оптический трансформатор тока, емкостной оптоэлектронный делитель напряжения.

Основные проблемы в направлении развития цифровой подстанции было решено исследовать на примере уже реализованных проектов в данной сфере.

На данный момент имеются уже реализованные проекты цифровых подстанций в Европе. В частности, во Франции летом 2016 года запущена в эксплуатацию полностью цифровая ПС 225/90 кВ «Блоко», реализованная с применением стандарта МЭК 61850 (IEC 61850).

Известно, что на данный момент ведутся разработки нового оборудования и на территории Российской Федерации. В частности, основным поставщиком электронно-оптических трансформаторов тока и емкостных оптоэлектронных делителей напряжения (электронных трансформаторов напряжения с цифровым выходом) является АО «ПРОФОТЕК».

Однако, данное оборудование не всегда «приживается» на подстанции и в первые 2 года, в течение которых происходит «обкатка», выявляются проблемные моменты в работе электронно-оптических трансформаторов тока и емкостных оптоэлектронных делителей напряжения, а также их взаимодействие с устройствами релейной защиты [2].

В ходе анализа реализуемого проекта цифровой подстанции «Тобол» на сверхвысоком классе напряжения 500 кВ, были выявлены значительные

проблемы, которые существенно влияют на развитие новых технологий на территории России.

При эксплуатации нового оборудования, а именно электронно-оптических трансформаторов тока, на подстанции 500 кВ «Тобол» была выявлена существенная проблема, заключающаяся в некорректном взаимодействии трансформаторов тока с устройствами релейной защиты, не связанное с качеством снимаемого сигнала.

Так на подстанции Тобол в статичном режиме работы энергосистемы в комплект ступенчатых защит от оптических трансформаторов тока и электронных ТН (ТТОЭ, ДНЕЭ) поступает стабильная и точная информация о первичных токах и напряжениях, которая совпадает с информацией от традиционных ТТ и ТН.

При внешних коротких замыканиях или при производстве коммутаций первичного оборудования зачастую наблюдается искажение формы синусоиды токов или напряжений и нередко возникают случаи ложных срабатываний выключателей с действием на отключение, в следствие чего потребитель теряет питание по I и II цепям Тобол-ЗапСиб.

В ходе проведенных испытаний на базе электротехнической лаборатории АО «ПРОФОТЕК» было выявлено, что основной проблемой является искажение передаваемого цифрового сигнала, поступающего с трансформатора тока при коммутациях в цепях оборудования ОРУ или при коротких замыканиях на шинах потребителей. По итогу на оперативный пункт управления приходит неточный сигнал, который воспринимается устройствами релейной защиты как короткое замыкание на шинах ОРУ ПС 500 кВ Тобол. В следствие этого релейная защита срабатывает на отключение с записью в журнал аварийных событий.

Чтобы избежать ложных срабатываний на цифровой подстанции 500 кВ Тобол было решено реализовать оптоэлектронные трансформаторы тока и напряжения вторичным контуром с действием на сигнал.

Также на примере ПС 500 кВ «Тобол» была выявлена немаловажная проблема в повсеместной реализации цифровой подстанции на объектах современных отраслей промышленности РФ.

В частности, в нефтегазовой отрасли, на которую ориентирована экономика страны, имеются некоторые проблемы с реализацией цифровых технологий. Так в районах Крайнего Севера, Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах, где добывается более 50% нефти и газа страны, преобладает крайне холодная температура окружающей среды с ноября по апрель. Стоит иметь ввиду, что не все оборудование цифровой подстанции будет надежно работать в данных условиях.

Так измерение напряжения осуществляется емкостным делителем с использованием электронно-оптического преобразователя. Измерительный сигнал снимается с нижней секции емкостного делителя и далее преобра-

зуется в цифровой сигнал в электронно-оптическом преобразователе, который находится в основании трансформатора напряжения.

Однако, стоит заметить, что электронно-оптический преобразователь в трансформаторе напряжения базируется на использовании полупроводниковых элементов, которые имеют строго регламентированный диапазон рабочей температур.

На Рис.1 изображен график зависимости проводимости полупроводникового элемента от температуры окружающей среды.

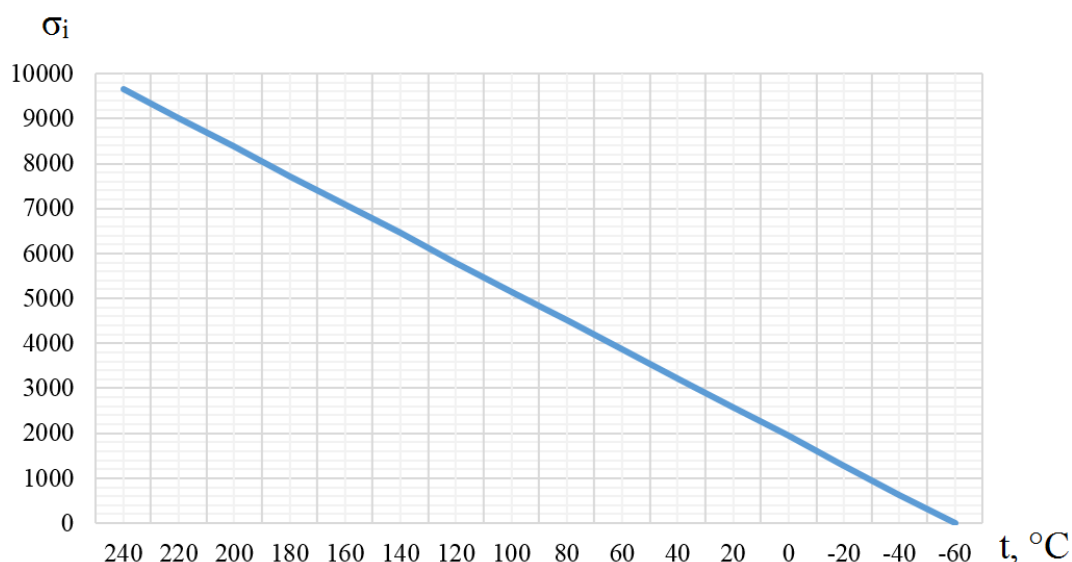


Рис. 1. Зависимость электропроводности полупроводника от температуры

При отрицательных температурах электропроводность полупроводниковых элементов резко снижается и при абсолютном нуле полупроводники имеют свойства диэлектриков.

Поэтому, при эксплуатации оптоэлектронного делителя напряжения стоит считаться с тем фактором, что на подстанции имеет место быть искажение сигнала от измерительного трансформатора напряжения при воздействии низких температур окружающей среды.

Для надежной и точной работы оптоэлектронного делителя напряжения необходимо добиться достаточно высокой величины электропроводности полупроводникового элемента. Соответственно необходимо поддерживать температуру элементов в области положительных температур.

С этой целью производителями АО «ПРОФОТЕК» был реализован проект по внедрению в оптоволокно витой пары с медной жилой. Данное внедрение позволяет прогревать элементы изнутри за счет нагрева токопроводящей жилы при протекании по ней электрического тока.

Однако, данное решение влечет за собой эффект наведения напряжения в зоне воздействия электромагнитного поля. Особенно остро этот вопрос стоит на подстанции сверхвысокого класса напряжения, в частно-

сти, на напряжении 500 кВ наведенное напряжение в кабеле вносит существенные помехи в работу системы передачи сигнала. В итоге в оперативный пункт управления по медной жиле приходит наведенное напряжение, которое сказывается на качестве работе коммутаторов и систем управления.

Одним из способов возможного обогрева является применение так называемых саморегулирующихся лент, которые поддерживают постоянство температуры обогреваемого объекта.

Так как при обогреве оборудования саморегулирующейся лентой нагреву подвергается весь кабель от источника питания до блока, то для исключения излишнего нагрева в области источника питания предлагается воспользоваться специальными выносными блоками на ОРУ вблизи оптоэлектронного трансформатора напряжения, от которых и будем питать терморегулируемые ленты.

Сами выносные блоки предполагается снабжать электроэнергией от трансформаторов собственных нужд рассматриваемой подстанции.

Так как на сегодняшний день в России опытно реализована лишь одна подстанция сверхвысокого класса напряжения 500 кВ с применением цифровых технологий, то говорить о массовой проблеме с электронно-оптическими трансформаторами тока и напряжения пока рано – данная проблема пока что носит частный характер и свойственна лишь для оборудования рассматриваемой подстанции.

Однако, тот факт, что имеются проблемы взаимодействия трансформаторов тока с устройствами релейной защиты, говорит о существенных ограничениях применения цифровых технологии на подстанциях.

На основании анализа работы цифровой системы ПС 500 кВ Тобол на сегодняшний день пока невозможно сделать вывод о получении устройствами РЗА стабильно надёжной и достоверной информации от ТТОЭ и ДНЕЭ.

Несмотря на это, тестирование и отладка работы ТТОЭ и ДНЕЭ и другого оборудования шины процесса в «полевых» условиях в рамках работы рабочей группы дает возможность довести данное оборудование до готовности к массовому внедрению при получении положительных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РОССЕТИ : Концепция цифровой подстанции : [сайт]. – URL : <https://www.rosseti.ru> (дата обращения 30.10.2019). – Текст : электронный.
2. Чичев, С. И. Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий: учеб. пособие для вузов / С. И. Чичев, В. Ф. Калинин, Е. И. Глинкин. – Москва : Издательский дом «Спектр», 2014. – 228 с. – Текст : непосредственный.

ВЛИЯНИЕ НАГРУЗКИ СТАНКА-КАЧАЛКИ НА РАБОТУ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Якунин А. Н.¹, ст. преподаватель кафедры «Электро и теплоэнергетика»,
anato1_ee@rambler.ru.

Гарифуллина А. Р.¹, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизация и
информационные технологии», alsou_garifoullina@mail.ru.

Ярыш Р. Ф.², канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Релейная защита и
автоматизация электроэнергетических систем», raviyaraviya@rambler.ru.

¹Г.Альметьевск, Альметьевский государственный нефтяной институт

²Г.Казань, Казанского государственного энергетического университета

Аннотация. Определено влияние нагрузки в точке подвеса штанг станка-качалки на работу частотного преобразователя, используемого для регулирования числа качаний станка-качалки. Дана характеристика возникающего режима работы электродвигателя в составе частотно-регулируемого электропривода. Рассмотрены варианты комплектации и настройки преобразователя частоты, обеспечивающие его нормальную работу в составе станка-качалки.

Ключевые слова: станок-качалка, нагрузка, преобразователь частоты, генераторный режим.

Станок-качалка (СК) широко распространен на нефтяных месторождениях и представляет собой установку добычи нефти, состоящую из штангового глубинного насоса и подъёмного механизма. В своей эксплуатации СК периодически требует изменения параметров движения (числа качаний) наземного привода. Это необходимо из-за возникающих изменений забойного давления в скважине при циклическом режиме закачки воды системой поддержания пластового давления.

Эффективным по реализации, для обслуживающего СК персонала, способом изменения числа качаний является внедрение преобразователя частоты (ПЧ) на электропривод СК [1]. Практическое использование ПЧ показывает, что их применение на подъёмных механизмах связано с проблемой возникновения генераторного режима в асинхронном электродвигателе, который обычно возникает при спуске груза. И как следствие приводит к отключению ПЧ защитой.

На величину и направление момента сопротивления на валу электродвигателя основное влияние оказывает нагрузка в точке подвеса штанг, которая является переменной величиной (рис. 1,а), характер изменения которой описывается с помощью динамограммы. Для определения влияния нагрузки СК на работу ПЧ необходимо привести динамограмму с учётом параметров наземного оборудования к кривой момента сопротивления на валу электродвигателя (рис. 1,б) [2].

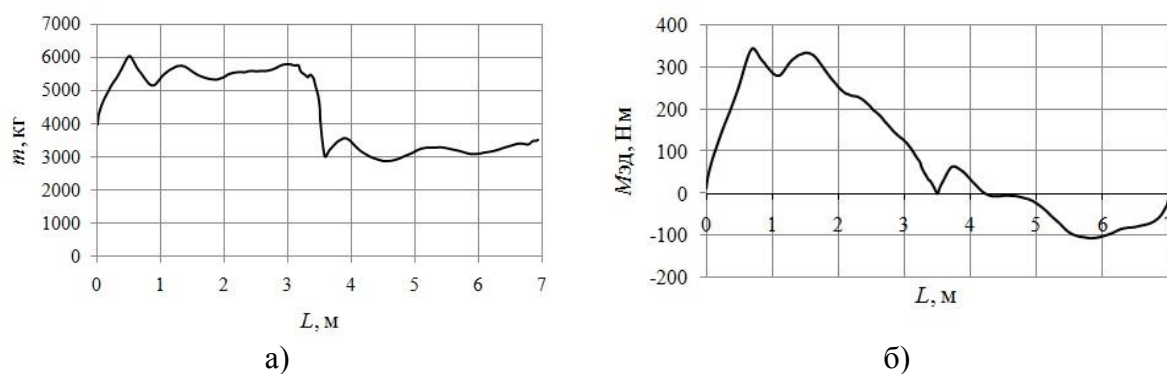


Рис. 1. Графики: а – динамограмма, б – момент сопротивления

При ходе плунжера вверх нагрузка в точке подвеса штанг действует против направления движения и нагружает электродвигатель, а при ходе плунжера вниз нагрузка действует в направлении движения, разгружая электродвигатель. Разгрузка электродвигателя может привести к возникновению генераторного режима, даже если СК «оптимально» уравновешен [3]. Однако полностью уравновесить СК не представляется возможным, из-за сложной кинематической схемы механизма и неточности фактического положения противовесов по отношению к расчётному. Поэтому появление генераторного режима должно быть ожидаемым и учтённым в комплектации и настройке ПЧ.

Сейчас ПЧ представляет собой современное «умное» устройство, в состав которого входят силовой блок и блок управления (рис. 2) [4]. Силовой блок представлен схемой соединения силовых полупроводниковых вентилей выпрямителя и ключей инвертора, питающих электродвигатель. Блок управления реализован на программируемом контроллере, реализующем заложенную в его память программу управления электродвигателем.

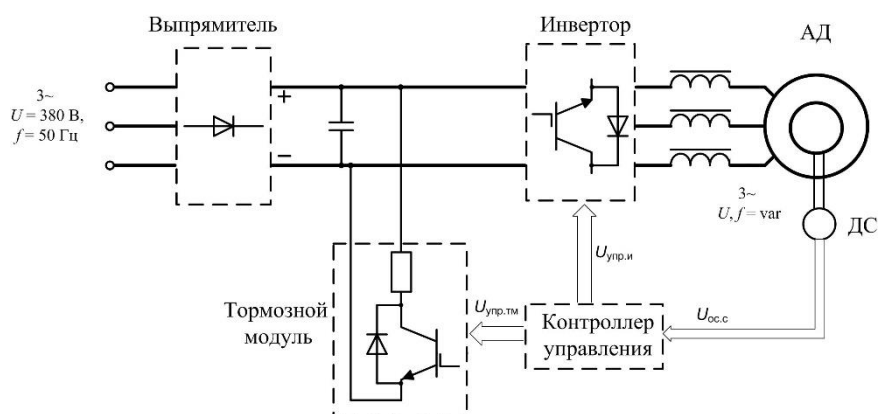


Рис. 2. Схема преобразователя частоты

Генераторный режим предусматривает выработку энергии электродвигателем, которая направлена в сторону инвертора ПЧ. А так как ПЧ

оснащён выпрямителем и не имеет рекуперированного звена, отдающего генерируемую энергию электродвигателем в сеть трёхфазного переменного тока, то срабатывает защита преобразователя по перенапряжению в звене постоянного тока. Возникающее перенапряжение может привести к выходу из строя преобразователя вследствие пробоя полупроводниковых вентилях и/или управляемых ключей.

Для исключения срабатывания защиты ПЧ, по причине перенапряжения в звене постоянного напряжения преобразователя, вызванной видом и расположением динамограммы СК, целесообразно:

1) использовать тормозной модуль, подключенный к шинам постоянного напряжения ПЧ, который позволит «погасить» генерируемую электродвигателем энергию, путём преобразования её в тепловую. Модуль обеспечивает двигателю свободный переход от двигательного режима к генераторному и обратно;

2) или выполнить программную подстройку частоты, реализуемую контроллером управления. Однако подстройка частоты приводит к уменьшению длительности цикла качания, вследствие того что электродвигатель разгоняется в конце хода штока вниз. Затем это ведёт к резкому торможению, а в начале хода вверх, к такому же резкому ускорению колонны штанг. Для уменьшения времени работы электродвигателя на повышенной скорости вращения преобразователь можно оснастить обратной связью от датчика скорости (см. рис. 2), повысив точность вычисления контроллером выходной частоты.

Таким образом, при работе СК имеют место периодические изменяемые моменты нагрузки, которые действуют через электродвигатель на ПЧ, вызывающие в его работе отказы, по причины срабатывания защиты. Использование обозначенных вариантов комплектации ПЧ позволит значительно уменьшить влияние моментов нагрузки на работу преобразователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меньшов, Б. Г. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности: Учеб. для вузов / Б. Г. Меньшов, М. С. Ершов, А. Д. Яризов. – Москва : ОАО «Издательство «Недра», 2000. - 437 с. – Текст : непосредственный.

2. Ярыш, Р. Ф. Исследование режимов работы частотно-регулируемого электропривода станка-качалки / Р. Ф. Ярыш, А. Р. Гарифуллина, Р. И. Гарифуллин, А. Н. Якунин. – Текст : непосредственный // Проблемы энергетики. - 2018. - Том. 20. - № 11-12. - С. 56-64.

3. Архипов, К. И. Справочник по станкам-качалкам / К. И. Архипов, В. И. Попов, И. В. Попов. – Альметьевск : Отдел оперативной полиграфии

управления «ТатАСУнефть» АО «Татнефть», 2000. – 146 с. – Текст : непосредственный.

4. Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Г. Г. Соколовский. – Москва : Академия, 2006. – 265 с. – Текст : непосредственный.

УДК 338.012

ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Якунина О. Г., канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры менеджмента в отраслях топливно-энергетического комплекса, jakuninaog@tyuiu.ru

Савченко В. Ф., savc.vlada@yandex.ru.

г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В настоящей статье обосновывается необходимость и возможности повышения эффективности деятельности предприятия в условиях рыночной среды. Приводятся факторы, оказывающие влияние на деятельность хозяйствующего субъекта. Представленные факторы классифицируются в зависимости от направленности их влияния (внешние и внутренние). Дана характеристика ключевых особенностей электроэнергетической отрасли. Рассматриваются специфические факторы, влияющие на эффективность деятельности предприятия, функционирующего в электроэнергетической отрасли с целью их учета при разработке комплексных мер, направленных на совершенствование организации производственной деятельности отраслевого предприятия.

Ключевые слова: факторы, эффективность, внешняя и внутренняя среда, электроэнергетическая отрасль.

Проблема повышения эффективности деятельности предприятия, в том числе, осуществляющем свою деятельность в электроэнергетической отрасли, в современных экономических условиях является достаточно актуальной и важной, так как существует необходимость обеспечения и сохранения конкурентных позиций предприятия на рынке предоставляемых услуг. Для решения поставленных целей и задач в рамках обозначенной проблемной зоны хозяйствующие субъекты пересматривают организационно-управленческие подходы к бизнес-процессам, принимают решение о том, какие методы и средства будут использоваться при проектируемом соотношении результатов и затрат. Основой для принятия такого решения служат исследование и диагностика параметров внешней и внутренней среды объекта, особенности процессов на отраслевом производстве, сформированная система оценочных показателей (критериев) для проведения

анализа и интерпретации результатов и другие атрибуты стратегических ориентиров развития и тактических действий.

Понятие эффективности в научных публикациях и специальной литературе представлено достаточно широко и в общем случае трактуется именно как соотношение результатов и затрат. В качестве результатов часто рассматривают показатели рентабельности производства (предприятия, продукции, работ, услуг и т.п.), рациональность использования материальных, трудовых и иных видов ресурсов, обуславливающие на завершающем этапе производственного цикла экономию денежных затрат. Вместе с тем, важно сохранять и повышать при этом качественный уровень производимой продукции или оказываемых услуг. Не являются исключением в этой связи и предприятия электроэнергетической отрасли.

Необходимость обеспечения высокорезультативной работы хозяйствующего субъекта требует изучения факторов, влияющих на эту работу. Представляется целесообразным в данном случае сгруппировать факторы влияния на внешние и внутренние (Рис.1)

Представленная совокупность факторов как внешних, так и внутренних в некотором роде является универсальной для предприятий реального сектора экономики. Однако, имеются и специфические особенности деятельности предприятий, а, следовательно, используемых для них индикаторов оценки эффективности.

В частности, электроэнергетическая отрасль отличается от других отраслей народного хозяйства своим неосязаемым продуктом – электроэнергией, который производят ее хозяйствующие субъекты, а также характером протекающих бизнес-процессов. Параллельность и одновременность процессов производства и потребления диктует необходимость синтетизирования частичных процессов в совокупный процесс производства, передачи и потребления электроэнергии. Это определяет организационно-производственную структуру субъектов, осуществляющих свою деятельность в отрасли. Формирование организационно-производственной структуры предприятия электроэнергетики и ее реорганизация в соответствии с меняющимися реалиями является одним из условий успешной работы предприятия электроэнергетики на отраслевом рынке.



Рис.1. Факторы, влияющие на эффективность деятельности предприятия

Следует отметить, что предприятия энергетической отрасли, выстраивая свою деятельность во внешней среде, сталкиваются с рядом проблем, требующих решения. В качестве основных проблем, достаточно часто упоминаемых на разных уровнях управления, можно выделить:

- ✓ несовершенство нормативной базы государственного регулирования деятельности субъектов энергетической отрасли;
- ✓ недостаточность развития инфраструктуры энергетического рынка и неэффективное функционирование его сегментов;
- ✓ нерациональное использование инвестиционных ресурсов, дефицит финансовых ресурсов;
- ✓ слабая взаимосвязь государственной политики в сфере энергетики и социально-экономических программ развития регионов;
- ✓ высокая степень износа оборудования в отрасли;
- ✓ противоречивость экономических интересов участников энергетического рынка и др. [1]

Вышеперечисленные факторы напрямую влияют на эффективность работы предприятий электроэнергетической отрасли и требуют их учета при разработке комплекса адаптационных мер, позволяющих снизить негативное воздействие.

Таким образом, современные условия развития отечественной экономики, ее цифровизация определяют адекватную реакцию хозяйствующих субъектов вообще и электроэнергетических компаний, в частно-

сти. Первостепенными задачами для предприятий отрасли становятся: внедрение «интеллектуальных» энергетических систем и получение конкурентных преимуществ от их использования; оптимизация и изменение стратегии управления активами предприятия; цифровая трансформация (аналитическая обработка данных, возможности принятия решений в режиме «on line» и т.п.), позволяющая расширить спектр услуг с целью получения дополнительного дохода (автоматизация промышленных и гражданских объектов, управление нагрузкой и др.); оптимизация управления персоналом и в целом разработка и применение новых управленческих моделей в энергетическом производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыхтер, В. О. Теоретико-методологические основы управления изменениями в энергетике / В. О. Рыхтер. – Текст : электронный // Проблемы экономики и юридической практики. – 2013. - № 1. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/teoretiko-metodologicheskie-osnovy-upravleniya-izmeneniyami-v-energetike> (дата обращения: 05.10.2019).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ГАЗОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ: МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Якунина О. Г., канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры менеджмента в
отраслях топливно-энергетического комплекса, jakuninaog@tyuiu.ru
Трапезников А. И., магистрант, aleha091196@mail.ru
г. Тюмень, Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы методического обеспечения оценки эффективности управления энергобезопасностью. Обозначена необходимость формирования алгоритма оценки. Приводятся показатели, которые могут быть использованы для процедуры оценки эффективности управления энергетической безопасностью. Показатели сгруппированы в соответствующие блоки и уточнены для газотранспортного предприятия. Сформулированы некоторые выводы относительно взаимосвязи полученных результатов оценки с мероприятиями, способствующими повышению эффективности процесса управления энергетической безопасностью на газотранспортном предприятии.

Ключевые слова: энергобезопасность, эффективность управления, методическое обеспечение энергоэффективность, газотранспортная компания.

В настоящее время управление производственно-экономическими и техническими системами, функционирующими в составе топливно-энергетического комплекса, включая нефтяную, угольную, газовую промышленность, требует пристального внимания к изменениям в результате воздействия факторов экзогенного и эндогенного характера. Влияние каждого такого изменения необходимо, по-возможности, прогнозировать и учитывать при дальнейшей работе объекта. Особенно важно оценивать влияние внешней и внутренней среды через ее параметры на такой элемент производственной системы, как энергобезопасность.

Следует обратить внимание, что содержательный смысл понятия энергобезопасность не является однозначным, поэтому в контексте данной статьи энергобезопасность рассматривается во взаимосвязи с энергоэффективностью, так как, на наш взгляд, является одним из составляющих компонентов последней.

Вопросы методического обеспечения оценки энергобезопасности и эффективности управления ею рассматривались на примере газотранспортной компании. Наиболее очевидными проблемными зонами в сфере энергетической безопасности для газотранспортного предприятия является обеспечение устойчивости систем транспортировки. Это подразумевает содержание этих систем в исправности и успешная их эксплуатация.

Для проведения анализа эффективности управления энергобезопасностью целесообразно сформировать некоторый алгоритм, включающий

как саму последовательность действий, так и комплекс показателей (критериев) для диагностики состояния уже сложившейся системы. Вместе с тем, по результатам проведенных исследований в соответствии с заявленной тематикой можно констатировать факт недостаточного наличия методического инструментария, а также его развития относительно оценки эффективности управления энергетической безопасностью объекта. Эти обстоятельства стали побудительным мотивом для формирования комплекса показателей, способных достаточно информативно представить сложившуюся ситуацию на газотранспортном предприятии, и, на этой основе рекомендовать мероприятия, повышающие степень устойчивости транспортной системы в перспективе.

При отборе показателей для оценки эффективности управления энергобезопасностью, необходимо учитывать особенности функционирования газотранспортного предприятия как производственно-технической системы. Прежде всего, следует акцентировать внимание на том, что газотранспортное предприятие осуществляет эксплуатацию опасных производственных объектов, поэтому является потенциальным генератором нескольких групп рисков, в том числе технологического, технического и природно-климатического характера, а также рисками негативных действий персонала и третьих лиц, в том числе риски ошибок персонала, хищений, террористических актов, диверсий [1]. В частности эксплуатация систем магистральных газопроводов в различных природно-климатических условиях, а особенно в условиях Крайнего Севера сопряжена с рисками аварий и отказов, что приводит к значительным экономическим потерям и серьезным экологическим последствиям.

Принимая во внимание указанные выше особенности, представляется необходимым включить в состав показателей, оценивающих уровень энергобезопасности, технико-технологический блок, отвечающий за такие параметры как: состояние основных фондов газотранспортного предприятия (коэффициенты износа и обновления линейной части трубопровода и площадочных сооружений; удельный вес электрооборудования, выработавшего ресурс; удельный вес прогрессивных технологий транспорта газа, учитывающих затратно-экологические факторы и другие).

Логическим продолжением процедуры оценки эффективности управления энергобезопасностью является формирование организационно-управленческого блока показателей. Эти характеристики должны быть направлены на диагностику уровня организации производства и управления газотранспортными процессами на предприятии. В частности, коэффициенты автоматизации и механизации производственных операций, степень использования форм организации производства, показатели пропорциональности, ритмичности, уровень внутрипроизводственного кооперирования основных и вспомогательных производственных подразделений, продолжительность производственных процессов, их структуризация на

предмет выявления производительного времени и простоев по организационно-техническим причинам, удельный вес аварий в динамике.

Уровень организации производственных процессов коррелирует с управленческими воздействиями, а точнее находится в зависимости от корректности принимаемых управленческих решений. Поэтому следует продумать количественные и качественные параметры, характеризующие управленческие кадры. Показатели могут быть связаны с оценкой квалификации управленцев, затратами на управление в динамике и соотношением этих затрат с результатами производственной деятельности, а в нашем случае, – с минимизацией негативных ситуаций и снижением уровня аварийности при эксплуатации газотранспортных систем.

В данной статье энергобезопасность рассматривается как один из компонентов энергоэффективности, из чего следует необходимость применения показателей, ее характеризующих. Для предприятия топливно-энергетического комплекса, как энергоемкого объекта, энергоэффективность, по большому счету, представляет собой один из результирующих показателей, наряду с прибылью, рентабельностью, затратноемкостью производства. В этом случае можно воспользоваться, как минимум, расчетом доли энергетической составляющей в себестоимости продукции на энергетическую безопасность (%) и удельной энергоемкости продукции предприятия (руб./руб) [2]. Безусловно, предложенный комплекс показателей не является исчерпывающим и требует уточнений в процессе апробации на конкретном объекте, но на первом этапе управленческой диагностики является вполне приемлемым информативным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайковский, В. Э. Управление рисками газотранспортного предприятия (на примере ООО «Газпром Трансгаз Томск» / В. Э. Зайковский. – Текст : электронный // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2014. - № 4. – URL : <https://docplayer.ru/46851996-Upravlenie-riskami-gazotransportnogo-predpriyatiya-na-primere-ooo-gazprom-transgaz-tomsk.html> (дата обращения: 15.11.2019).

2. Гайфуллина, М. М. Оценка энергетической безопасности и энергоэффективности нефтяной компании / М. М. Гайфуллина, Д. Р. Халиуллина, Л. К. Хафизова. – Текст : электронный // Интернет-журнал «Научное ведение». – 2017. – Том 9, № 3. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-energeticheskoy-bezopasnosti-i-energoeffektivnosti-neftyanoj-kompanii/viewer> (дата обращения 15.11.2019).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЪЕМНОЙ И БОКОВОЙ СИЛ МАГНИТА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ

Ярославцев М. В., канд. техн. наук, доцент, yaroslavcev@corp.nstu.ru

Латышев Р. Н., магистрант, krasnuikrest@mail.ru

г. Новосибирск, Новосибирский государственный технический университет

Аннотация. Целью данной работы является исследование подъемной и боковой силы электромагнита при изменении его геометрической формы, а также определение скорости прохождения поворотов. Создана модель электромагнита в программе FEMM, определены основные параметры электромагнита, на основании которых рассчитана скорость прохождения поворотов.

Ключевые слова: электромагнит, маглев, подъемная сила, EMS.

В настоящее время поезда маглев вводятся как новый метод перевозки пассажиров с такими экологическими преимуществами, как малый шум и отсутствие выбросов в атмосферу углекислого газа и пыли. Транспортное средство на магнитной подвеске работает без контакта с направляющим рельсом, поддерживая постоянный зазор. На городском транспорте, как правило, используют поезда, имеющие электромагнитный подвес (EMS), использующий силу притяжения электромагнита.

Существенным недостатком транспорта с EMS является высокое потребление энергии системой подвешивания и боковой стабилизации транспорта при прохождении поворотов. Сокращение энергопотребления может быть достигнуто оптимизацией конструкции электромагнита и системы управления. Боковая стабилизация осуществляется тем же электромагнитом. Для исследования характеристик электромагнита необходимо выполнить его моделирование в программе FEMM. Ставились следующие задачи:

1. Определить наибольшую подъемную силу электромагнита при сравнении его различных геометрических размеров.

2. Рассчитать скорость прохождения поворотов транспорта на электромагнитном подвесе при различных радиусах поворота.

В программе FEMM был построен электромагнит, в котором сердечник имеет ширину 50 мм, длину 800 мм, материал – электротехническая сталь Э41; катушка индуктивности с круглым медным проводом сечением $5,26 \text{ мм}^2$, количеством витков 281 и протекающей по ней током 70 А. Данный электромагнит способен развивать подъемную силу в 37.3 кН, кото-

рый изображен «Рис.1» с линиями магнитного потока, построенного в программе FEMM.

В данной работе рассматривалось несколько изменений формы магнитопровода, это изменение отношения длины обмоточного пространства к его высоте и влияние наличия полюсного наконечника на подъемную силу. В ходе исследования было получено, что при уменьшении отношения длины обмоточного пространства к его высоте, подъемная сила также уменьшалась. Это связано с тем, что возрастали потоки рассеяния между двумя полюсами электромагнита. Существенное увеличение этого отношения приводит к увеличению габаритов, массы электромагнита и неэффективному использованию пространства на подвижном составе. В итоге наиболее оптимальным отношением длины обмоточного пространства к его высоте равняется 5, как и показано на «Рис.1». Наличие полюсного наконечника также привело к незначительному уменьшению подъемной силы на 300 Н.

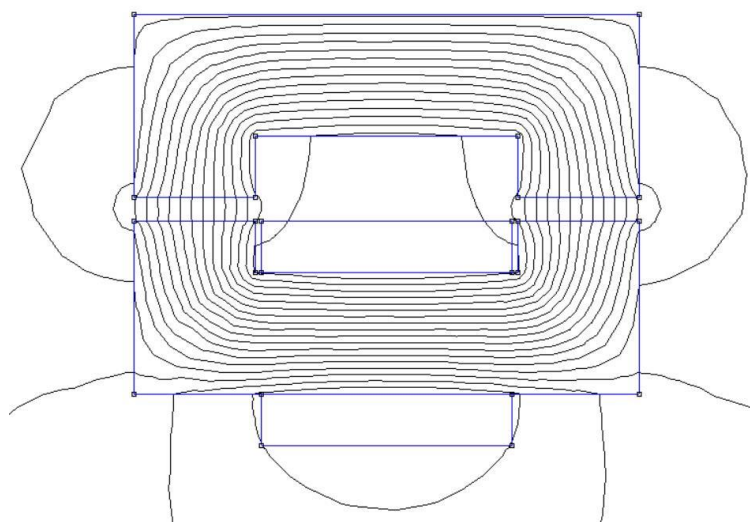


Рис. 1. Электромагнит с линиями магнитного потока

При прохождении поворотов поезда на магнитном подвесе возникает центробежная сила, которая вытесняет поезд за пределы путевой структуры. Первым этапом проведено исследование максимального бокового смещения электромагнита. Было получено, что при боковом смещении в 8 мм, боковая сила составляет 2889 Н, а подъемная сила - 35760 Н, что допустимо при массе поезда приходящейся на один электромагнит 3,5 тонны. При дальнейшем увеличении смещения, подъемная сила уменьшается, что приводит к дестабилизации воздушного зазора между электромагнитом и направляющим рельсом.

Вторым этапом произведен расчет скорости прохождения поворота при различных его радиусах. При расположении путевой структуры под углом, противодействовать центробежной силе способствует сила тяжести. Проекция силы тяжести будет соответствовать максимально возможной боковой силе электромагнита, как показано в формуле (1).

$$k_3 \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha = F_{x.\max}, \quad (1)$$

где $k_3=1.4$ – коэффициент запас; $m=3500$ кг – масса поезда приходящая на один электромагнит; g – ускорение свободного падения; α – угол наклона путевой структуры; $F_{x.\max}=2889$ Н – боковая сила электромагнита.

На основании формулы 1, получен угол наклона путевой структуры в 3.5° . Для расчета скорости прохождения поворотов применена формула 2.

$$m \cdot g \cdot \sin \alpha + F_{x.\max} = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad (2)$$

где v – скорость поезда; R – радиус поворота.

На основании формулы (2) составлена таблица 1 при различных радиусах поворота.

Таблица 1

Скорость поезда от радиуса поворота	
Радиус поворота, м	Скорость, км/ч
30	23
80	38
200	60
500	96
800	121

В результате были получены оптимальные геометрические размеры электромагнита, при которых развилась подъемная сила 37.3 кН, также было показано, что наличие полюсного наконечника снижает подъемную силу. Найден оптимальный угол наклона путевой структуры 3.5° , при котором поезд способен развивать скорость 96 км/ч при радиусе поворота 500 м не снижая подъемную силу ниже допустимой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахаров, П. В. Проектирование электрических аппаратов / П. В. Сахаров. – Москва : Энергия, 1971. - 560 с. – Текст : непосредственный.
2. Приступ, А. Г. Моделирование магнитных полей в программе FEMM : учеб.-метод. пособие / А. Г. Приступ, А. В. Червяков. – Новосибирск : НГТУ, 2012. – 92 с. – Текст : непосредственный.
3. Zemlyakov, E. A. Issues of creating a public transport on electromagnetic suspension / E. A. Zemlyakov, M. V. Yaroslavtsev. – Direct text // *Aspire to Science* – Novosibirsk, 2019. – Pp. 317–321.

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,
посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики*

Том II

В авторской редакции

Подписано в печать 11.12.2019. Формат 60x90 1/16. Печ. л. 24,18.
Тираж 500 экз. Заказ № 1796.

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.